corso di
RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 20 - 27 maggio 1961 - un fascicolo lire 150 **34°** numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478
MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano.

In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.

Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

E' vietata la riproduzione, anche parziale, in lingua italiana e straniera, del contenuto. Tutti i diritti riservati, illustrazioni comprese

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

USO DELL'OSCILLOGRAFO a RAGGI CATODICI

In linea di massima, tutti gli oscillografi disponibili in commercio sono basati sul medesimo principio di funzionamento, e comprendono quindi le sezioni già descritte alla lezione 97ª. Per facilitare al massimo l'uso dello strumento, i vari comandi vongono quasi sempre disposti sul pannello frontale in modo simmetrico, e ciò, oltre che per soddisfare una logica estetica, allo scopo di rendere intuitiva e comoda qualunque manovra.

La **figura 1** illustra l'aspetto tipico di un pannello di comando. Esaminiano ora, ordinatamente, tutti i comandi, sotto il punto di vista del loro impiego in pratica, ciò che completerà l'esame già fatto in precedenza. Il primo comando da considerare è l'interruttore di accensione, la cui posizione può variare, logicamente, a seconda dei modelli. Esso può essere abbinato — ad esempio — al potenziometro per il controllo dell'intensità luminosa della traccia, oppure può essere separato. In ogni caso, si cerca sempre, in fase di progetto, di collocare questo interruttore ad una certa distanza dai morsetti di ingresso dei due amplificatori, orizzontale e verticale, onde evitare accoppiamenti tra questi ingressi e la tensione di rete, che percorre i collegamenti facenti capo all'interruttore stesso.

Sempre nella zona superiore del pannello frontale, e quindi in prossimità dello schermo del tubo a raggi catodici, si trovano i comandi di « messa a fuoco » e e di « luminosità », come pure quelli di « centraggio » verticale ed orizzontale.

Più in basso, nella zona centrale del pannello, si trovano generalmente i comandi della « base dei tempi » e quelli di « sincronismo ». I primi sono — come sappiamo — in numero di due, e precisamente un commutatore che consente di scegliere la gamma di frequenze voluta per le oscillazioni a dente di sega (ad esempio quella compresa tra 100 e 1.000 Hz), ed un potenziometro, posto nelle immediate vicinanze del commutatore di gamma, la cui rotazione consente di ottenere con continuità tutti i valori di frequenze compresi nella gamma prescelta.

Nella medesima zona in cui si trovano detti comandi, sono installati anche il selettore della traccia orizzontale, il comando di sincronismo, il selettore di sincronismo, e l'entrata per gli eventuali segnali esterni di sincronismo. Il primo di questi comandi, ossia il selettore orizzontale, consente di collegare il generatore a denti di sega all' ingresso dell' amplificatore orizzontale; in questo caso i relativi morsetti di ingresso restano esclusi dal circuito. Viceversa, in un'altra posizione, il generatore viene escluso, ed in tal caso all'ingresso dell'amplificatore orizzontale può essere applicato un segnale di deflessione orizzontale esterno.

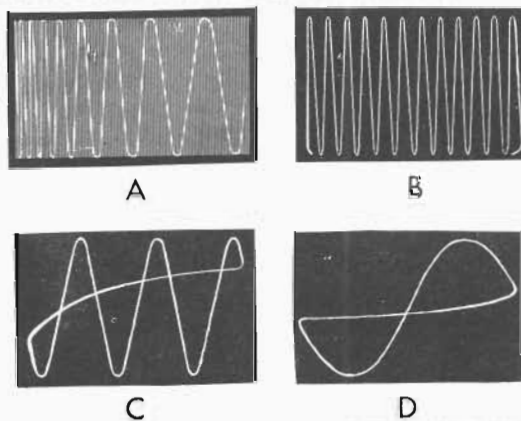
Il selettore del sincronismo ha, in generale — come abbiamo detto a suo tempo — tre posizioni: sincronismo interno, esterno e di rete. Nel caso del sincronismo interno, una parte del segnale presente nel canale verticale viene inviata ad una delle griglie del generatore a dente di sega, ed in questo modo la frequenza di oscillazione di tale generatore *si sincronizza* su quella del segnale del canale verticale, o su di una frequenza corrispondente ad un suo valore sottomultiplo. La tensione del segnale che viene avviato al circuito di griglia del generatore a denti di sega può essere variata in entità a mezzo di un potenziometro. Nella posizione « sincronismo esterno » il potenziometro ora citato rimane collegato, invece che al canale verticale, ad una apposita presa per segnale di sincronismo esterno. Nella posizione « sincronismo di rete » il potenziometro viene connesso ad un secondario del trasformatore di alimentazione. In quest'ultimo caso il generatore per la base dei tempi può essere sincronizzato sulla frequenza di rete, o su di una frequenza ad essa sottomultipla.

Nella zona inferiore del pannello sono disposti i comandi (a scatto) degli attenuatori d'ingresso dei due canali di amplificazione. Di solito, quello dell'amplificatore verticale si trova a sinistra e quello dell'amplificatore orizzontale a destra. Sotto o sopra agli attenuatori si trovano i controlli di guadagno degli amplificatori corrispondenti (a variazione continua mediante potenziometro) ed ancora più sotto, i morsetti di ingresso. In tal modo, gli ingressi ed i comandi per l'amplificatore verticale si trovano allineati l'uno con l'altro, come pure quelli per l'amplificatore orizzontale; le diverse manovre riescono così facili, sia da eseguire che da ricordare.

Altri comandi, reperibili di solito solo negli apparecchi di classe elevata, sono il *commutatore CA-CC* e quello che consente di avere una singola esplorazione (ottenuta con un impulso esterno o premendo un tasto) in senso orizzontale. Durante la descrizione dei diversi tipi di misure effettuabili con l'oscillografo, parlaremo più diffusamente di questi comandi e delle loro funzioni.

Fig. 1 - Pannello di comando di un oscillografo.

Fig. 2 - Tipo di mascherina da applicare allo schermo.

Fig. 3 - Regolazione della frequenza orizzontale. A) rapporto elevato, B) minore, C) pari a 3 e D) a 1.

PRIME OPERAZIONI

Su questo argomento il lettore che ha seguito la sezione descrittiva della costruzione di un oscillografo ha già visto quali siano le norme abituali da seguire. Riprendiamo ed integriamo quasti argomenti.

Al momento dell'accensione dell'apparecchio è buona norma ridurre a zero la luminosità e l'amplificazione orizzontale e verticale. Non appena si ritiene che le valvole abbiano raggiunto il regime di funzionamento, si ruota gradatamente il controllo di luminosità, fino a che compare sullo schermo il punto luminoso. Talora questo punto non appare, perchè i comandi di centraggio sono male regolati, ed occorre muoverli lentamente in modo simultaneo, fino a vedere il punto luminoso sulla superficie frontale dello schermo. In alcuni oscillografi moderni e molto elaborati, tale operazione è facilitata dalla presenza di apposite lampadine spia che segnalano — quando la traccia si trova al di fuori dalla superficie frontale — se essa si trova a destra od a sinistra, di sopra o di sotto.

Agendo poi, contemporaneamente, sul controllo di luminosità e su quello di messa a fuoco, si fa in modo che il puntino si riduca alle minime dimensioni possibili. E' questa l'operazione di « messa a fuoco », che in alcuni apparecchi, viene completata attraverso una adeguata regolazione del comando di « astigmatismo ». Questo comando, che può trovarsi sia sul pannello frontale che all'interno del telaio, ha lo scopo di modificare, più che la dimensione del punto, la sua forma. Anch'esso va regolato simultaneamente ai due precedenti, poichè l'azione di tutti e tre i comandi in questione è interdipendente. Tutte le operazioni ora descritte vanno eseguite con celerità, affinchè il punto luminoso non permanga troppo a lungo in una identica zona dello schermo. A questo proposito è bene anche tenere la luminosità ad un valore non eccessivo, ed eseguire la messa a fuoco col punto fermo su di una zona periferica dello schermo. In tal modo, se il danno dovesse malauguratamente verificarsi, si evita che si verifichi nella zona centrale, che è quella in cui si eseguono la maggior parte delle misure e delle osservazioni.

Prima di effettuare qualunque misura in cui occorra grande precisione, è opportuno lasciare lo strumento acceso fino a raggiungere un certo equilibrio termico. Così le caratteristiche dei vari circuiti interni non vengono influenzate dal fenomeno della cosiddetta « deriva termica », che si manifesta in modo più pronunciato soprattutto nei primi 10-15 minuti di funzionamento. Sempre nella categoria degli apparecchi di classe altamente professionale, se ne hanno alcuni provvisti di un motorino interno con ventola che, raffreddando le valvole e gli altri componenti soggetti a riscaldamento, mantiene la temperatura ad un livello pressochè pari a quello esterno.

Allorchè è stata effettuata la messa a fuoco, basta porre il selettore orizzontale nella gamma di frequenza desiderata per la base dei tempi, il selettore di sincronismo in posizione adeguata (in generale, quando si vuole osservare una forma d'onda, questo comando si mette in posizione « interno ») ed in tal modo il punto luminoso si trasforma in una traccia orizzontale che, se i controlli di messa a fuoco e astigmatismo sono stati ben regolati, deve essere molto sottile e netta. In caso contrario, occorre procedere ad una nuova messa a fuoco. E', anzi, buona norma effettuare direttamente la messa a fuoco con la linea e non con il punto, poichè con la linea si evita di concentrare a lungo il fascio elettronico, come si è detto a proposito del punto, su una zona troppo ristretta della superficie fluorescente. Anche in questo caso la luminosità non deve però essere eccessiva, pur dovendo consentire, tuttavia, una chiara osservazione della traccia.

Portando a zero il controllo di guadagno del canale orizzontale, ed immettendo un segnale qualunque nel canale verticale, si ottiene, dopo una adeguata regolazione dei comandi dell'attenuatore e del guadagno verticale, una traccia verticale, di altezza proporzionale alla tensione del segnale applicato.

Naturalmente, occorre che tanto la traccia *orizzontale* che quella *verticale* siano effettivamente tali. Se fossero tutte e due ruotate di un medesimo angolo, pur restando perpendicolari tra loro, occorre predisporle nella giusta direzione ruotando — come si è detto alla lezione 98ª — il tubo o, nel caso di inclinazioni molto piccole, ruotando semplicemente lo schermo calibrato che si trova in generale davanti al tubo. Alla **figura 2** è rappresentato un classico tipo di mascherina da applicarsi davanti alla superficie frontale dello schermo. Essa è, di solito, in plastica trasparente, di colore

Fig. 4 - Spostamenti di fase dell'immagine riprodotta sullo schermo fluorescente del tubo a raggi catodici, agendo lentamente sul verniero per la regolazione della frequenza della tensione a dente di sega, dopo aver fermato l'immagine mediante un adeguato segnale di sincronismo.

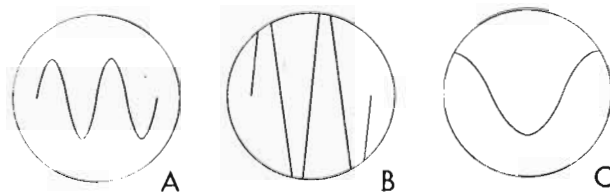



Fig. 5 - Variazioni di ampiezza verticale ed orizzontale di una immagine, mediante i relativi controlli di guadagno. In A, ampezza normale nei due sensi: in B, ampiezza verticale eccessiva, ed in C ampiezza orizzontale eccessiva.

verde, ed è graduata in cm o in mm, sia in senso orizzontale che verticale.

Dopo l'esecuzione di tutte le manovre fin qui elencate, l'oscillografo è pronto per l'uso. Possiamo quindi iniziare un esame dettagliato di tutte le misure che con esso è possibile effettuare.

In commercio sono disponibili oscillografi di tutti i generi, dai più semplici a quelli più complessi; nel nostro caso considereremo uno strumento medio, utilizzabile per scopi generali, del tipo di quello cioè, che il lettore ha avuto eventualmente la possibilità di costruire seguendo le lezioni 98ª e 99ª.

ANALISI delle FORME D'ONDA

Il modo più indicato per osservare la forma d'onda di un segnale applicato all'amplificatore verticale, è di « fermare » sullo schermo un massimo di tre oscillazioni complete. A tale scopo sarebbe necessario conoscere la frequenza del segnale stesso al fine di scegliere la frequenza della base dei tempi ad un valore pari ad 1/3 di quella del segnale. Nell'eventualità che la frequenza del segnale non sia nota, una volta determinata l'amplificazione orizzontale e verticale onde stabilire le dimensioni dell' immagine sullo schermo, si effettuerà l'intera rotazione del potenziometro che regola la frequenza del segnale orizzontale, in ognuna delle gamme previste dal selettore di frequenza del generatore dell'asse dei tempi.

Se la frequenza del segnale che si vuole osservare non è superiore al triplo della frequenza massima ottenibile mediante il generatore a dente di sega, si troverà certamente una posizione in cui sullo schermo saranno visibili tre oscillazioni complete. Naturalmente, sarà sempre possibile vedere un numero diverso di cicli, o anche solo una frazione di ciclo: come sappiamo, ciò dipende unicamente dal rapporto tra la frequenza del segnale esterno (applicata al canale verticale) e quella del segnale di deflessione orizzontale.

Riassumendo, supponiamo di voler esaminare la forma d'onda di un segnale a Bassa Frequenza di 10.000 Hz. Dopo aver acceso lo strumento e regolati i vari comandi di messa a fuoco e centraggio, si pone il selettore orizzontale nella gamma di frequenza compresa tra 1.000 e 10.000 Hz, il selettore del sincronismo in posizione « sincronismo interno », e si elimina provvisoriamente la sua azione, ruotando in senso antiorario l'apposito controllo.

Ciò fatto, si collega il segnale da esaminare ai morsetti di ingresso dell'amplificatore verticale, facendo bene attenzione a rispettare il collegamento di massa; successivamente, si regolano i comandi di ampiezza verticale fino ad ottenere un'immagine che occupi all'incirca il 60% dell'intero schermo. A questo punto si regola il potenziometro della frequenza fino ad avere sullo schermo il numero di oscillazioni desiderato e, nell'eventualità che non si riesca a fermare l'immagine a causa di un rapporto frazionario tra le due frequenze, si inserisce lentamente il sincronismo fino ad avere un'immagine ferma.

La **figura 3** illustra quattro fasi della messa a punto del potenziometro di regolazione per il segnale a dente di sega. In **A** il rapporto tra le due frequenze è troppo grande perchè il numero delle oscillazioni possa essere apprezzato; in **B** il rapporto è 12, ossia, per ogni oscillazione orizzontale, si verificano 12 oscillazioni verticali del segnale in esame. In **C** il rapporto è 3, ed in **D** il rapporto è 1. Variando leggermente la frequenza della tensione a dente di sega, in più od in meno, si ottengono spostamenti reciproci di fase del tipo di quelli indicati alla **figura 4**. Una volta che l'immagine sia stata fermata, (**figura 5-A**), essa può essere aumentata in altezza aumentando l'amplificazione verticale (**B**) ed in larghezza aumentando l'amplificazione orizzontale (**C**).

Se si desidera osservare solo la metà delle semionde — ad esempio solo i semicicli positivi — è possibile aumentare l'ampiezza verticale portandola quasi al doppio del diametro dello schermo, nel qual caso le punte delle oscillazioni non saranno più visibili. Ciò fatto, agendo sul comando per il centraggio verticale, si sposta verso il basso tutta la figura fino ad ottenere sullo schermo tutte le semionde positive.

Incidentalmente, aggiungiamo che, fino ad ora, ci siamo riferiti al caso in cui il segnale presente all'ingresso è del tipo sinusoidale; tuttavia, anche applicando segnali non sinusoidali, ossia forme d'onda distorte o comunque complesse, le manovre che si devono eseguire sui vari comandi dell'oscillografo sono le medesime.

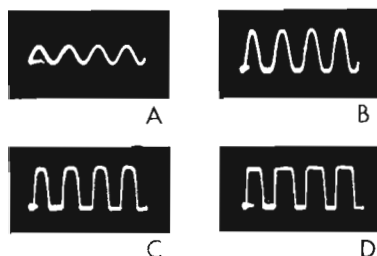



Fig. 6 - Esempi di oscillogrammi: in A, onda sinusoidale: in B, C e D sono visibili tre forme caratteristiche di segnali distorti.

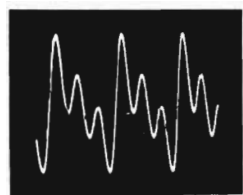



Fig. 7 - Esempio di onda risultante dalla presenza di alcune armoniche sovrapposte alla frequenza fondamentale.

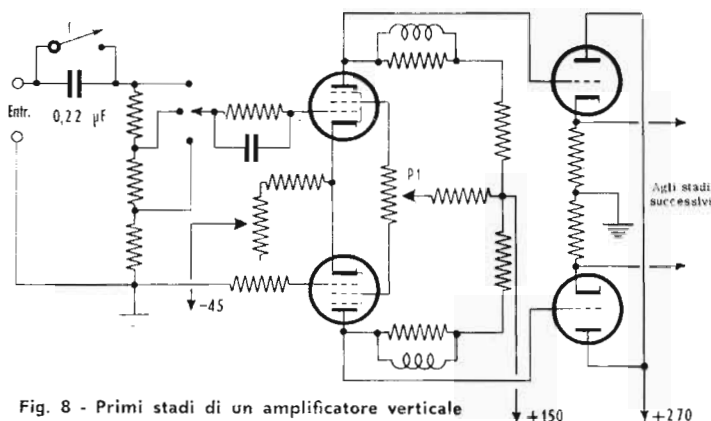



Fig. 8 - Primi stadi di un amplificatore verticale per oscillografo, del tipo ad accoppiamento diretto. Il responso inizia da frequenza a zero.

La distorsione sarà oggetto di una lezione futura nella quale esamineremo i suoi vari tipi e le possibili cause: per il momento ci basti ripetere che un'onda distorta presenta un andamento diverso da quello sinusoidale, e può essere rappresentata in vari modi, alcuni dei quali sono illustrati alla **figura 6**. Nella **figura 7** è invece indicato un tipo di forma d'onda complessa, anch'essa già incontrata nel nostro studio, alla lezione 91ª; essa è costituita da una frequenza fondamentale, alla quale sono sovrapposte alcune frequenze armoniche

MISURE di TENSIONE e di CORRENTE

Tensioni e correnti alternate

Abbiamo già accennato al fatto che, dopo un'opportuna calibrazione, l'oscillografo a raggi catodici può essere usato per la misura di *tensioni*. Conoscendo, infatti, il fattore di deflessione del tubo, si sa che il raggio viene deflesso, ad esempio, in senso verticale, di un certo numero di millimetri, applicando alle placchette una tensione di 1 volt. Per evitare di dover ricorrere a calcoli, si applica sullo schermo la mascherina trasparente di cui abbiamo detto, e sulla quale sono incise delle linee coordinate come sulla carta millimetrata. Queste linee possono, all'occorrenza, essere tarate direttamente in volt. Se l'attenuatore di ingresso ed il relativo controllo di amplificazione verticale sono anch'essi calibrati, si può conoscere il coefficiente di amplificazione dell'intero canale verticale.

In tal caso, per conoscere esattamente il valore della tensione presente all'ingresso, basta dividere la tensione indicata dall'altezza della traccia sullo schermo per il valore dell'amplificazione, dipendente quest'ultimo, sia dalla posizione dell'attenuatore di ingresso che dalla posizione del controllo di guadagno dell'amplificatore.

Occorre, tuttavia, tener presente che la tensione misurata con questo sistema è riferita al valore *tra picco e picco*, e non al valore efficace, che invece viene normalmente usato. Quando il segnale di cui si vuol misurare la tensione è del tipo sinusoidale, è facile calcolare il valore efficace, conoscendo la tensione tra picco e picco. A questo scopo, come già abbiamo visto in diverse occasioni, basta dividere il valore di picco per 2,83 oppure, nel caso in cui si abbia una sola semionda, per 1,41.

Di conseguenza, se viene applicata all'oscillografo una tensione alternata sinusoidale di 100 volt efficaci, la tensione indicata sullo schermo dalla distanza in senso verticale tra il picco positivo e quello negativo è pari a 2,83 volte 100, ossia a 283 V. Come è ovvio, maggiore è l'ampiezza dello schermo disponibile, maggiore è la precisione con la quale è possibile effettuare misure di tensione.

Nel caso di tensioni alternate di tipo non sinusoidale, i valori efficaci non possono essere definiti, e si tiene quindi conto dei soli valori di picco. E' proprio in questa circostanza che si rende particolarmente prezioso l'oscillografo a raggi catodici. Misurando, infatti, tali segnali con un comune voltmetro, si ottengono indicazioni di valori efficaci come se si trattasse di tensioni sinusoidali, valori che però non corrispondono alla realtà: si introducono cioè, notevoli inesattezze.

Alcuni oscillografi sono altresì provvisti di ingresso verticale diretto. In tal caso, il segnale che si vuole osservare viene applicato (talora tramite due condensatori di disaccoppiamento) direttamente alle placchette deflettrici verticali. Tale ingresso si utilizza in genere quando, essendo il segnale da esaminare già di ampiezza notevole, non è necessario introdurre un'amplificazione; oppure, allorchè la frequenza del segnale è inferiore al limite della banda passante dell'amplificatore verticale di cui dispone l'oscillografo.

Per la misura di *correnti* alternate mediante l'oscillografo a raggi catodici, come abbiamo già detto, si ricorre semplicemente alla legge di Ohm, secondo la quale — come è noto — si ha $I = V : R$.

Basta, infatti, che la corrente da misurare venga fatta passare attraverso una resistenza di valore noto. In tal modo, ai capi di detta resistenza si determina una differenza di potenziale (caduta di tensione) che può essere facilmente misurata secondo il metodo già illustrato in precedenza. Noti i valori della tensione e della resistenza, si applica la legge di Ohm, ottenendo immediatamente il valore della corrente.

Naturalmente, il valore della resistenza attraverso cui si fa passare la corrente, deve essere molto basso rispetto alla altre resistenze presenti nel circuito. In caso contrario, la corrente, passando attraverso detta resistenza, diminuisce notevolmente, determinando

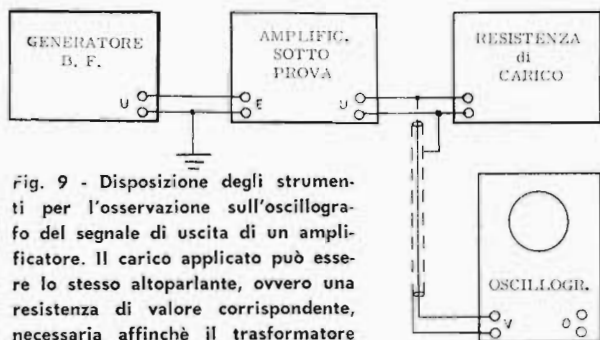



Fig. 9 - Disposizione degli strumenti per l'osservazione sull'oscillografo del segnale di uscita di un amplificatore. Il carico applicato può essere lo stesso altoparlante, ovvero una resistenza di valore corrispondente, necessaria affinchè il trasformatore di uscita funzioni in condizioni normali, senza che avvenga la riproduzione dei suoni dati dai segnali di prova.

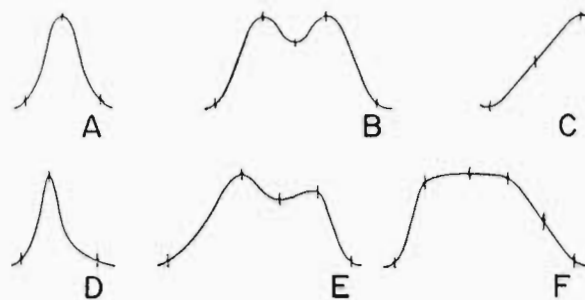



Fig. 10 - Vari tipi di curve ricavate nello studio di trasformatori di Media Frequenza. Per ricavarle, è necessario disporre, oltre che di un oscillografo, di un generatore di segnali la cui frequenza possa essere variata rapidamente (vobbulata).

quindi un errore apprezzabile nella misura eseguita. Per essere ancora più sicuri di effettuare una misura corretta, è preferibile non introdurre alcuna nuova resistenza, e misurare la differenza di potenziale ai capi di una resistenza già presente nel circuito, nel qual caso non si ha alcuna variazione aggiunta di corrente, neppure minima.

Tensioni e correnti continue

Come abbiamo visto, una delle caratteristiche più indicative rispetto alla qualità di un oscillografo è l'ampiezza della banda passante dei suoi canali di amplificazione orizzontale e verticale. Se l'estremo superiore della banda passante è molto importante, poichè ci indica la massima frequenza del segnale che può venire applicato al canale, senza che venga introdotta una non - linearità di amplificazione, lo è forse ancor più il limite inferiore, almeno per quanto riguarda il normale uso dell'oscillografo in un laboratorio di radiotecnica. Infatti, allorche tale limite scende a 0 Hz, ossia fino alla tensione continua, l'apparecchio può essere impiegato anche per la misura di tensioni continue, dato che una tensione di tal genere, applicata tra i due morsetti d'entrata dell'amplificatore, determina un'unica e stabile deflessione della traccia, proporzionale alla sua entità. La misura delle tensioni continue con l'oscillografo è particolarmente importante poiché, molte volte, si ha a che fare con segnali che presentano sia una componente continua che una componente alternata. Applicando un segnale di tal genere all'entrata di un canale la cui banda passante giunga fino alla tensione continua, si può osservare sullo schermo che la traccia viene deflessa in modo da indicare sia la componente continua (spostamento della traccia rispetto alla linea di tensione zero) che quella alternata (indicata dai picchi della traccia che si forma). E' facile determinare, ad esempio, nel caso di tensioni continue ottenute mediante raddrizzamento di tensioni alternate, la percentuale di alternata ancora presente.

Gli oscillografi che funzionano anche per segnali in corrente continua devono avere, naturalmente, amplificatori di struttura del tutto particolare. Infatti, un normale amplificatore con accoppiamento *RC* tra gli stadi non permette il passaggio della componente continua, che viene eliminata dalla presenza della capacità in serie. Si ricorre allora agli accoppiamenti diretti che già abbiamo analizzato (pagina 439 e pagina 773) ed in tal modo, essendo la griglia di uno stadio a tensione dell'ordine di quello di placca del precedente, occorre che gli stadi sucessivi vengano alimentati con tensioni in cascata — ricavate da un partitore — basse per il primo stadio e sempre crescenti fino all'uscita.

Vogliamo infine aggiungere che la maggior parte degli oscillografi che funzionano anche in corrente continua sono, in generale, provvisti di canale verticale con amplificatore del tipo « bilanciato ». Alla **figura 8** è rappresentato lo schema dei primi stadi di un amplificatore verticale di tal genere. Come si può notare, i due stadi di amplificazione sono entrambi in controfase, il primo con ingresso su di una sola griglia e accoppiamento di catodo, ed il secondo con ingresso normale ed uscita di catodo. Con una disposizione del genere si riesce a compensare l'eventuale variazione di corrente di catodo di una valvola; infatti, tale variazione viene compensata dalla variazione dell'altra valvola che è in controfase. Le variazioni parassite di corrente, che vengono così eliminate, mentre non determinano gravi inconvenienti per quanto riguarda i segnali alternati, determinerebbero invece notevoli inesattezze nella misura delle tensioni continue. Il potenziometro presente tra le due griglie schermo del primo stadio di amplificazione (*P*1), permette — attraverso la regolazione dei flussi elettronici delle due valvole — di bilanciare nel modo voluto lo stadio in controfase, e quindi di spostare all'altezza voluta sul tubo a raggi catodici, la linea di riferimento indicante la tensione zero. Si noti, inoltre, l'interruttore presente all'ingresso (*I*), che consente — attraverso l'inserimento o l'esclusione del condensatore da 0,22 µF — il passaggio o l'esclusione della componente continua del segnale applicato.

Così, come è possibile, con tale strumento, misurare le *tensioni* continue, non si incontra alcuna difficoltà neppure nella misura delle *correnti* continue. A questo proposito, basta seguire la stessa tecnica usata nel caso delle correnti alternate (impiego di apposita resistenza e ricorso alla legge di Ohm), tenendo conto delle indicazioni del paragrafo precedente.

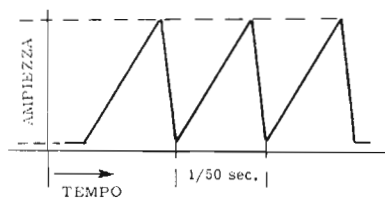



Fig. 11-A - Noto aspetto generico di segnali a dente di sega.

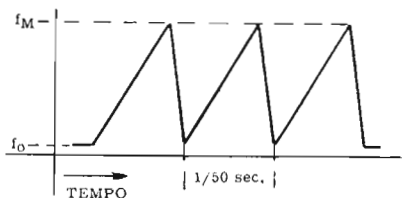



Fig. 11-B - Variazione della frequenza in funzione del segnale di figura 11-A.

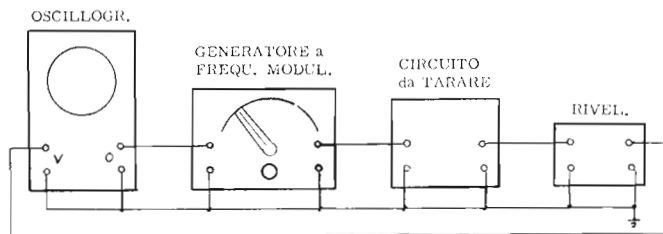



Fig. 12 - Disposizione tipica degli strumenti, necessaria per ottenere sullo schermo le curve di risposta di stadi o di trasformatori di Media Frequenza, come quelle illustrate in figura 10.

ALLINEAMENTO dei CIRCUITI SINTONIZZATI

Nello studio dei circuiti dei radioricevitori supereterodina, abbiamo visto quale sia l'importanza dello allineamento dei circuiti accordati in genere, e, in particolare, di quelli dei trasformatori di Media Frequenza.

Anche in questo caso, l'oscillografo a raggi catodici consente una messa a punto sicura, precisa, e spesso assai più rapida. Per il rilievo della curva di risonanza del circuito accordato, gli strumenti si dispongono nel modo indicato alla **figura 9**.

Per la realizzazione pratica di tale misura si applica, all'ingresso dello stadio comprendente il circuito accordato, un segnale di ampiezza costante e di frequenza variabile. La frequenza può venire variata manualmente, nel caso si disponga di un normale oscillatore modulato; esistono però degli strumenti, detti oscillatori « sweep » o anche « vobbulatori », che provvedono a variare automaticamente la frequenza del segnale emesso, esplorando in continuità, in modo lineare, tutta la gamma che interessa.

Il segnale presente all'uscita dello stadio, potrà presentare, in funzione della frequenza, diversi tipi di andamento; tra questi, i più comuni sono rappresentati alla **figura 10**. Tali curve, oltre a denotare le frequenze alle quali ogni singolo circuito risuona, indicano l'andamento del responso di ciascuno di essi nell'intera gamma di frequenza che interessa. La tensione d'uscita del circuito accordato viene rappresentata su carta millimetrata, in funzione della frequenza. In pratica, quando non si dispone di un oscillatore « sweep » e la frequenza del segnale viene fatta variare manualmente, si prende nota con un punto sul grafico, di ogni tensione d'uscita corrispondente a ciascuna frequenza del segnale d'entrata; naturalmente, l'ampiezza di quest'ultimo deve essere mantenuta rigorosamente costante in tutta la gamma. Collegando poi tra loro nel grafico, con un tratto continuo, tutti i punti ottenuti, si perviene alla curva di responso vera e propria.

L'andamento di quest'ultima è in stretta relazione col *Q* (fattore di merito) del circuito accordato. La curva **A** della figura 10 illustra appunto il caso di un circuito avente un valore *Q* molto elevato. Man mano che detto valore diminuisce, i lati delle curva diventano meno ripidi. L'apice superiore della rappresentazione grafica corrisponde alla massima ampiezza relativa del segnale che passa attraverso il circuito accordato, e la frequenza alla quale si ha questa ampiezza massima, corrisponde alla frequenza di risonanza del circuito. Tutto ciò deve essere già noto al lettore, perchè del comportamento dei circuiti accordati e delle loro curve si è già parlato a lungo. A buon conto, queste nozioni, e quelle che seguono, è opportuno siano ben chiare e presenti se si vuole che l'oscillografo riveli tutta la sua grande utilità in questo genere di impiego. Ricorderemo perciò, ancora, che durante la regolazione di un circuito accordato, viene variato o il valore dell'induttanza (agendo sul nucleo ferromagnetico), o quello della capacità ad essa connessa, e che entrambe tali operazioni determinano una variazione della frequenza di risonanza, e quindi della forma della curva. Una curva stretta ed acuta come nei casi A e **B** della figura 10, indica che le frequenze che riescono a passare attraverso il circuito con una attenuazione minima, occupano una banda assai ristretta; per contro, una curva come quella rappresentata in **F** indica che la banda passante è notevolmente ampia.

Può succedere, in certi casi, che la curva di risonanza riveli due o più picchi, come nei casi B ed **E**; queste circostanze si verificano quando l'accoppiamento tra il primario ed il secondario del trasformatore di Media Frequenza è troppo stretto, oppure nel caso di stadi in cui siano presenti diversi circuiti, accordati su frequenze differenti.

La curva **C** è quella già nota, di un rivelatore a modulazione di frequenza. Come si può oservare, detta curva è lineare per una banda di frequenze (delimitata dai contrassegni inferiore e superiore della curva stessa).

Anche le caratteristiche di simmetria di una curva hanno notevole importanza. In molti casi si desidera che l'andamento su i due lati opposti sia simmetrico, come nelle curve A e B; altre volte è preferibile ottenere un andamento del tipo rappresentato in F.

Per effettuare con successo il controllo di allineamento nei riguardi dei circuiti accordati di un ricevitore supereterodina, ed in modo particolare dei trasformatori di Media Frequenza, è necessario conoscere, a priori, l'andamento ideale della curva, generalmente indicato dal fabbricante. In caso contrario, è necessario analizzare la curva ricavata, e dedurne le caratteristiche di risposta del circuito osservando la sua forma.

Fig. 13 - Oscillogrammi esprimenti la percentuale di modulazione di ampiezza. In A, immagine ottenuta inviando il segnale modulato sul canale verticale. In B, immagine ottenuta con la disposizione di figura 14 (mod. 30% circa). In C la modulazione è del 100%.

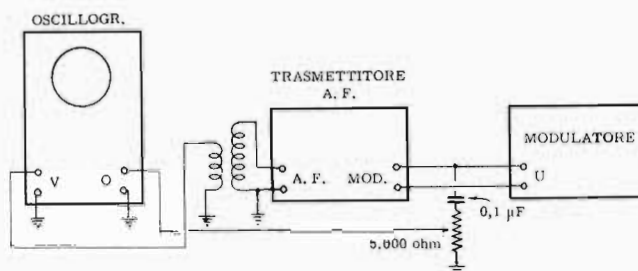
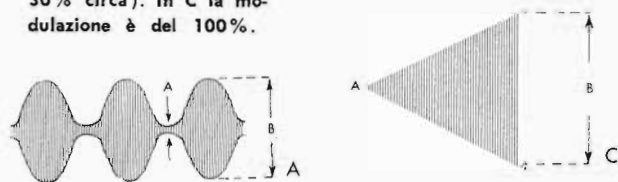



Fig. 14 - Disposizione degli strumenti per rilevare, ottenendo le immagini di figura 13B o 13C, la percentuale di modulazione. Il segnale modulante viene collegato, oltre che al trasmettitore, all'amplificatore orizzontale dell'oscillografo.

Vediamo ora come si possa, mediante l'uso di un oscillografo, semplificare notevolmente l'operazione di rilievo della curva di risposta di un circuito accordato. Nel caso in cui si disponga di un oscillatore modulato del tipo normale, premettiamo che l'uso dell'oscillografo non è indispensabile. Se, invece, si dispone di un generatore « sweep », si può ottenere, sullo schermo dell'oscillografo, una rappresentazione diretta della curva di risposta del circuito in esame. Per chiarire questo concetto, esaminiamo, senza entrare in dettagli, il funzionamento di un generatore « sweep » e le caratteristiche dei segnali presenti alle sue due uscite.

Prendiamo in considerazione un modulatore di frequenza con valvola a reattanza, del tipo da noi già esaminato alla lezione 79ª. Supponiamo di applicare all'ingresso un segnale a dente di sega, del tipo indicato alla **figura 11-A**, avente una frequenza, ad esempio, di 50 Hz. Ai capi dell'impedenza di carico della valvola oscillatrice, si otterrà — di conseguenza — un segnale ad ampiezza costante, la cui frequenza varia, in funzione del tempo, con andamento ancora del tipo « dente di sega » come si vede alla figura 11-**B**. Occorre però notare che le figure 11-A e B, benchè di aspetto analogo, indicano due fenomeni del tutto diversi. In A, è indicato, infatti, un vero e proprio segnale a dente di sega, e troviamo quindi rappresentate le tensioni sull'asse verticale ed il tempo sull'asse orizzontale. Nel caso B, invece, non si ha a che fare con tensioni variabili (il segnale all'uscita dell'oscillatore è sinusoidale e con ampiezza costante) ma con escursioni in frequenza. In altre parole, il segnale che si ottiene all'uscita del generatore « sweep » è un segnale alternato sinusolidale la cui frequenza varia, in 1/50 di secondo, da un certo valore minimo f_0 ad un valore f_M; questa variazione, come è chiaro dalla figura, è di tipo lineare. Quando la frequenza ha raggiunto il valore massimo f_M, essa ritorna bruscamente al valore f_0.

Entrambi i segnali da noi presi in considerazione sono sempre presenti in due uscite apposite nei generatori « sweep ». Per poter « vedere » la curva di risposta del circuito accordato sullo schermo dell'oscillografo, occorre collegare il segnale a dente di sega all'ingresso orizzontale dell'oscillografo, ed il segnale modulato in frequenza all'ingresso del circuito di cui si vuole rilevare la curva di risposta, secondo quanto indicato alla **figura 12**. Il segnale prelevato all'uscita del circuito viene rivelato ed applicato all'entrata verticale dell'oscillografo.

Disponendo gli strumenti in tal modo, il punto luminoso si muove in senso orizzontale in sincronismo col segnale a dente di sega che determina la modulazione di frequenza nel generatore « sweep », ed è quindi possibile tarare l'asse orizzontale dello schermo in termini di frequenza. Naturalmente, se il tratto ascendente del segnale a dente di sega si avvicina molto all'andamento ideale, questa taratura sarà lineare ed avrà la frequenza f_0 all'estremo sinistro della traccia, e la frequenza f_M all'estremo destro.

Contemporaneamente, in corrispondenza di ogni posizione orizzontale del punto luminoso, ossia di ogni frequenza, all'ingresso del canale verticale dell'oscillografo risulta applicata una tensione (proporzionale all'ampiezza del segnale alternato presente all'uscita del circuito accordato) che determina una deflessione in senso verticale.

Si ottiene quindi, come risultato, che il punto luminoso percorre, in 1/50 di secondo, l'intera curva di risposta del circuito nella banda compresa tra le frequenze f_0 ed f_M. Poichè la frequenza di 50 Hz è superiore al limite di osservazione diretta dell'occhio umano tra due immagini successive, osservando lo schermo dell'oscillografo si vede direttamente la curva di risposta come se fosse fissa. Perciò durante le operazioni di taratura, si vede istantaneamente la modifica che si apporta alle caratteristiche del circuito variando un nucleo o un compensatore, sia per quanto riguarda la frequenza di risonanza (spostamento in senso orizzontale del pùnto di massima altezza) sia per quanto riguarda il Q (maggiore o minore acutezza del picco) e la simmetria. La taratura risulta così visibile e immediata.

MISURE su AMPLIFICATORI di BASSA FREQUENZA

L'oscillografo è uno strumento indispensabile nella messa a punto degli amplificatori ad audiofrequenza. Esso consente di determinare sia la curva di responso, ossia la maggiore o minore linearità di amplificazione alle varie frequenze comprese nella banda audio, sia le eventuali distorsioni introdotte dai singoli stadi.

Poichè questo argomento è piuttosto vasto e degno di particolare attenzione, lo svilupperemo a parte, in una

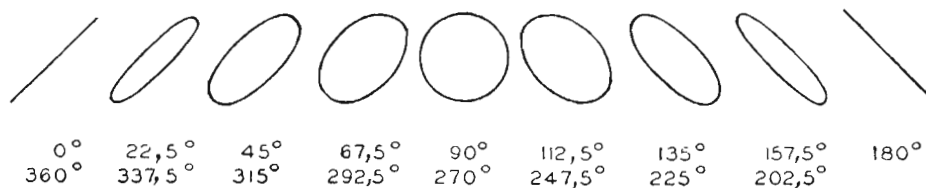



Fig. 15 - Se si applicano contemporaneamente all'amplificatore verticale ed all'amplificatore orizzontale due distinti segnali, aventi la medesima frequenza, regolando opportunamente l'amplificazione di entrambi si può ottenere una delle immagini qui riprodotte, o un'altra tra le molte intermedie. Esse rappresentano la differenza di fase tra i due segnali. Come si nota, con uno sfasamento di 90° o di 270° (al centro), si ottiene un cerchio perfetto. Tutte le altre immagini rappresentano altri sfasamenti, fino ai casi limite di 0° e 360°.

delle lezioni prossime, dedicate all'amplificazione in Bassa Frequenza.

MISURA della PERCENTUALE di MODULAZIONE

Per misurare con l'oscillografo la percentuale di modulazione (rapporto tra ampiezza massima e minima), in modulazione di ampiezza, si hanno due sistemi. La **figura 13** riporta ciò che si osserva sul tubo nei due casi.

In **A** l'oscillogramma è ottenuto avviando alla deflessione verticale dell'oscillografo la radiofrequenza modulata da esaminare (modulazione con segnali sinusoidali a frequenza fissa: ad esempio, 800 Hz) e predisponendo la frequenza dell'asse tempi in modo che essa sia un sottomultiplo della frequenza di modulazione. La valutazione della percentuale di modulazione è data da:

$$\text{percentuale} = \frac{A - B}{A + B} \times 100$$

nella quale B è l'altezza verticale massima ed A quella minima.

In **B** della figura è riportato ciò che si verifica applicando alla deflessione verticale la sola radiofrequenza ed all'amplificatore orizzontale il segnale modulante, prelevato a mezzo di un condensatore e di un potenziometro dal modulatore (**figura 14**). La base dei tempi dell'oscillografo è esclusa.

La percentuale di modulazione viene, anche questa volta, ricavata mediante la formula citata in precedenza, considerando come ampiezza massima il lato verticale destro e come ampiezza minima il lato verticale sinistro. Ovviamente, allorchè la figura assume la forma di un triangolo, per il ridursi a zero del lato verticale sinistro, la profondità di modulazione ammonta al 100%.

MISURE di FASE

Supponiamo di voler confrontare tra loro le fasi di due segnali sinusoidali della medesima frequenza e della medesima ampiezza. Tali segnali devono essere applicati uno all'ingresso del canale verticale dell'oscillografo, e l'altro all'ingresso del canale orizzontale. Naturalmente, poichè ogni stadio di amplificazione, che non sia del tipo con uscita di catodo, apporta uno sfasamento di 180°, occorre tenere conto del numero degli stadi di amplificazione di ciascuno dei due canali, prima di valutare lo sfasamento presente tra i segnali che vengono confrontati.

Come si può osservare alla **figura 15**, una differenza di fase di 90° determina sullo schermo un'immagine perfettamente circolare. La somma di queste due onde sinusoidali determina una traccia che ha inizio nella parte superiore dello schermo e ruota in senso orario fino a descrivere una circonferenza intera.

Anche uno sfasamento di 270° determina un circolo, con la sola differenza che il movimento del punto luminoso che lo descrive, avviene in senso opposto, ossia in senso antiorario. Queste due immagini non possono comunque venire distinte l'una dall'altra, poichè il movimento è così rapido che l'immagine sembra fissa. Ne deriva che, allorchè le figure si presentano secondo la citata disposizione, si può solo affermare che lo sfasamento può essere di 90° oppure di 270°.

La figura 15 illustra dunque le immagini che si manifestano sullo schermo del tubo a raggi catodici di un oscillografo, in seguito alla combinazione di due segnali sinusoidali di eguale ampiezza e frequenza, ma sfasati tra di loro da 0° a 360°, in varie posizioni intermedie, ciascuna delle quali corrisponde ad una variazione di fase progressiva di 22,5°. Come si nota, le onde sinusoidali di frequenza e di ampiezza eguale, determinano sullo schermo l'immagine di un segmento rettilineo nel caso di sfasamenti di 0°, 180° e 360°. Diversamente, gli sfasamenti compresi tra 0°, e 90°, tra 90° e 180° tra 180° e 270° ed infine tra 270° e 360°, determinano immagini elittiche aventi una forma variabile con continuità, come illustrato in figura.

E' possibile misurare anche gli sfasamenti presenti tra i segnali non sinusoidali. Naturalmente, in ogni caso, occorre che i segnali da confrontare abbiano la medesima frequenza: le figure che si ottengono, non sono più le stesse del caso dei segnali sinusoidali. Ad esempio, due onde triangolari, applicate ai due ingressi di un oscillografo, dànno come risultato una linea inclinata, oppure un rettangolo inclinato, o quadrato, per differenze di fase di 0°, tra 0° e 90° e di 90°, rispettivamente. Le medesime immagini si formano in ordine progressivo inverso per differenze di fase comprese tra 90° e 180°, dopo di che l'ordine progressivo risulta ancora il medesimo tra 180° e 360°.

APPLICAZIONI DELL'OSCILLOGRAFO

Abbiamo esaminato, alla lezione precedente, i principali tipi di misure che si possono eseguire con gli oscillografi a raggi catodici. Alle varie grandezze elettriche la cui misura è stata presa in considerazione occorre aggiungere la frequenza. Delle diverse tecniche per la misura del valore di frequenza con l'oscillografo ci occuperemo però nella prossima lezione.

In questa lezione esamineremo, invece, le varie applicazioni pratiche dell'oscillografo: esse, nel campo della radiotecnica, sono assai numerose.

MISURE sui TRASFORMATORI di ALIMENTAZIONE

E' possibile, con un oscillografo, effettuare sui trasformatori di alimentazione una serie di misure molto interessanti. Con tali misure si possono confermare le nozioni già apprese in merito, durante lo studio teorico, e, come risultato pratico, si possono determinare le caratteristiche dei trasformatori stessi nonchè, in particolare, la qualità dei lamierini formanti il nucleo. La più interessante tra le misure in questione è, senza dubbio, quella che consente di ottenere sullo schermo il ciclo di isteresi magnetica del nucleo.

Poichè — come già abbiamo fatto notare — l'oscillografo è uno strumento che consente di misurare direttamente solo le tensioni, occorre che le grandezze magnetiche che interessano vengano trasformate in differenze di potenziale. Il circuito più adatto per ottenere la curva *B-H* di un trasformatore o di una bobina con nucleo ferromagnetico, è indicato, nelle sue linee generali, alla **figura 1**. La curva *B-H* detta anche — come sappiamo — curva di isteresi, indica il numero delle linee di flusso magnetico in funzione di campi magnetizzanti *H* di varia intensità.

Per molti tipi di nuclei la curva *B-H* ha la forma di una *S*, i cui tratti superiori ed inferiori, quasi orizzontali, indicano la zona di saturazione magnetica. Nel caso in cui il materiale presenti un ciclo di isteresi vero e proprio, la curva si allarga, e l'area compresa all'interno del ciclo rappresenta l'energia che si disperde in ogni singolo ciclo. E' quindi chiaro che, nel caso dei trasformatori di buona qualità, ci si deve aspettare una curva *B-H* quanto più stretta possibile, vale a dire con l'area da essa racchiusa, minima.

Per ottenere la curva *B-H* del nucleo di un trasformatore, occorre applicare all'oscillografo due segnali, sotto forma di tensione; uno di questi deve essere proporzionale al campo magnetico applicato, ossia al campo *H* determinato dal flusso della corrente primaria, e l'altro deve essere proporzionale al flusso del campo magnetico indotto presente nel nucleo.

Alla figura 1 è rappresentato lo schema di un normale trasformatore per apparecchio radio, disposto per la misura che stiamo descrivendo. La tensione presente ai capi di R_1 è proporzionale alla corrente che fluisce nel primario del trasformatore, e quindi è anche proporzionale al campo magnetico *H*, determinato da tale corrente. Il valore della resistenza R_1, deve essere, trattandosi di una misura di corrente, notevolmente basso (circa 5 ohm).

Poichè, nella curva *B-H*, il campo inducente *H* è rappresentato in ascisse, il segnale ai capi di R_1, ossia quello presente tra il punto *A* e la massa, va collegato alla rappresentazione dell'ascisse dell'oscillografo, cioè a dire all'entrata orizzontale. Naturalmente, il selettore orizzontale dello strumento va disposto per l'esclusione del generatore interno per la base dei tempi.

La tensione presente ai capi di un qualunque avvolgimento secondario è proporzionale alle tre grandezze seguenti:

1) al rapporto spire tra primario e secondario;
2) al numero delle linee di flusso magnetico concatenate al nucleo del trasformatore;
3) alla velocità di variazione del flusso magnetico.

In questo caso, il rapporto di spire ha un valore costante, determinato dal numero delle spire del primario e del secondario che viene preso in considerazione, e quindi può essere trascurato nella misura che stiamo eseguendo. Introducendo, come si vede sempre nella figura 1, un circuito integratore, costituito dalla resistenza R_2 (circa 200 kohm) e dal condensatore C_1 (di circa 0,25 μF), si ottiene, tra il punto *B* e la massa, una tensione proporzionale al solo numero delle linee di flusso, e quindi all'induzione magnetica *B*.

Si può perciò collegare il punto *B* all'ingresso del canale verticale dell'oscillografo. Occorre tenere presente che, nell'esecuzione di questa misura, la massa dell'oscillografo (e quindi l'involucro metallico esterno dello strumento stesso) è collegata direttamente ad un capo della rete di alimentazione. Per evitare pericolo ed inconvenienti, è bene inserire la spina in modo che il lato collegato alla massa dello strumento vada a connettersi al filo della rete che non presenta differenza di potenziale rispetto a terra. Nel caso in cui tale filo non sia facilmente identificabile, è bene verificare con un voltmetro per tensioni alternate.

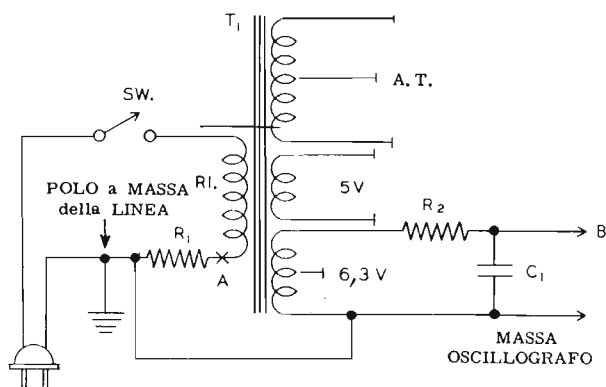



Fig. 1 Applicando agli ingressi dell'oscillografo le due tensioni presenti ai capi di R1 e di R2, è possibile ottenere sullo schermo l'immagine del ciclo di isteresi del nucleo di T1.

Fig. 2 - Esempio di ciclo di isteresi visibile sullo schermo (A). Nel diagramma a lato, X è la forza magnetizzante, ed Y il flusso magnetico.

Fig. 3 - In A, forma d'onda della tensione applicata al primario: in B e in C la corrente primaria senza e con il carico.

Dopo aver messo in funzione lo strumento ed il circuito su cui si stanno eseguendo le misure, si potrà osservare sullo schermo dell'oscillografo una figura del tipo di quella rappresentata alla **figura 2**. Può anche capitare che la curva ad « S » risulti rivoltata in senso opposto; ciò dipende dalla polarità del segnale prelevato sul secondario del trasformatore.

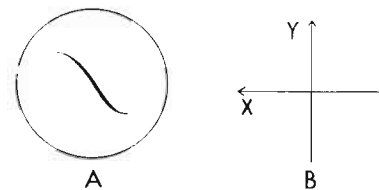
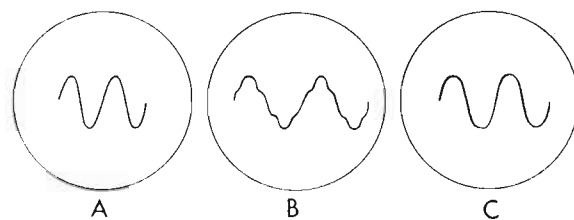
Naturalmente, la forma esatta della curva dipende anche dalla regolazione dei comandi di guadagno orizzontale e verticale dello strumento; l'andamento generale deve tuttavia rimanere del tipo in figura.

Corrente nel primario

Il circuito di figura 1 è utilizzabile anche per studiare la forma d'onda che percorre il circuito primario di un trasformatore di alimentazione. In questo caso, il circuito integratore costituito da R_2 e da C_1 deve essere alimentato. Il punto *A* viene, questa volta, connesso all'entrata verticale dello strumento, mentre per la deflessione orizzontale si usa il generatore interno a dente di sega. I comandi vanno regolati in modo che sullo schermo dell'oscillografo compaiano due o tre cicli del segnale che si sta esaminando.

Quando su diversi secondari del trasformatore non è presente alcun carico, la corrente che fluisce nel primario assume un andamento del tipo di quello rappresentato alla **figura 3**-*B*. In *A* della stessa figura è rappresentata la tensione (sinusoidale) ai capi del primario; essa, come è facile comprendere osservando lo schema di figura 1, coincide con la tensione di rete.

L'irregolarità della forma d'onda della corrente primaria è dovuta alla saturazione magnetica del nucleo del trasformatore, negli istanti in cui passa attraverso i picchi di tensione. Quando il nucleo del trasformatore è saturo, la velocità di cambiamento del flusso ed il numero delle linee vengono a ridursi notevolmente, in modo assai brusco, ed in conseguenza anche l'impedenza dell'avvolgimento primario diminuisce. Pertanto, durante i picchi che determinano la saturazione del nucleo, il flusso di corrente nel primario aumenta, e si ottiene appunto una forma d'onda del tipo di quella rappresentata alla figura 3-B.

Per poter osservare i cambiamenti che si verificano nella forma d'onda della corrente primaria, nel caso in cui venga disposto un carico in parallelo ad uno dei secondari, occorre disporre di una serie di resistenze di diversi valori, da collegarsi successivamente, onde poterne studiare i diversi effetti. Se, ad esempio, prendiamo in considerazione una metà del secondario per l'alta tensione, si può cominciare ad usare come carico una resistenza di valore compreso tra 50 kohm e 100 kohm, riducendola progressivamente. Occorre però fare attenzione a non scendere al di sotto di un certo limite, onde evitare sovraccarichi del trasformatore. La resistenza deve, inoltre, poter dissipare con facilità una discreta potenza (circa 10 watt).

Quando si giunge al minimo valore di resistenza compatibile con la potenza massima che può fornire il secondario del trasformatore, la corrente che fluisce attraverso il primario si avvicina notevolmente alla forma d'onda sinusoidale, pur presentando ancora una certa distorsione.

Questo fenomeno è dovuto al noto fatto, che la corrente fluente nel circuito di un secondario determina — a sua volta — un campo magnetico che presenta le seguenti caratteristiche:

a) tende ad opporsi alle linee di flusso magnetico stabile della corrente primaria, riducendo l'impedenza effettiva del primario e permettendo quindi un maggior flusso di corrente attraverso detto avvolgimento;

b) riduce la tendenza del nucleo a saturarsi, permettendo quindi alla corrente che fluisce nel primario di avvicinarsi maggiormente alla forma d'onda sinusoidale.

Relazione di fase nei secondari

Come sappiamo, ai capi dei secondari provvisti di presa centrale, sono presenti due tensioni della medesima ampiezza, ma sfasate tra di loro di 180°. Questa circostanza si può facilmente verificare anche con un oscillografo. A questo proposito, si può ricorrere alla disposizione indicata alla **figura 4**; come si vede, un secondario (5 volt) viene usato per ottenere una tensione di sincronismo esterna per l'oscillografo. Occorre, quindi, commutare il selettore di sincronismo in posizione « sincronismo esterno » ed applicare i 5 volt alla presa relativa. In tal modo si ha un segnale di sincronismo che rimane invariato rispetto alla fase ed alla polarità dei segnali applicati all'ingresso ver-

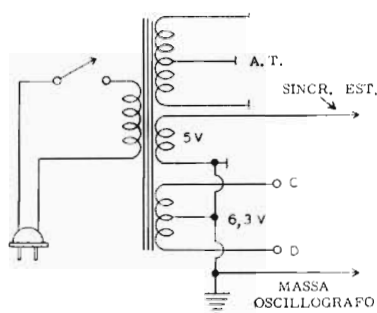



Fig. 4 - Verifica della regolazione di fase tra i capi del secondario. Prelevando il segnale tra la massa e C o D, si ottengono due immagini eguali ma rispettivamente di fase inversa.

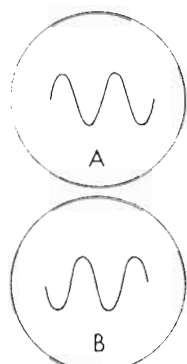



Fig. 5 - Immagini di due tensioni di eguale frequenza, ma di fase opposta (punti C e D di figura 4).

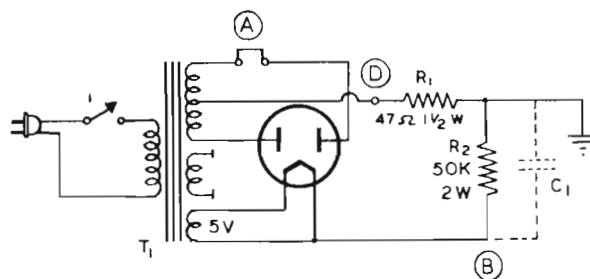



Fig. 6 - Predisposizione di un circuito rettificatore per l'analisi della forma d'onda della tensione rettificata. Per vedere le alternanze derivate dalla rettificazione di una sola semionda, il circuito viene interrotto su una fase dell'alta tensione, nel punto A.

ticale dell'oscillografo.

Se, ora, applichiamo all'ingresso verticale dello strumento il segnale presente al punto *C* (figura 4), e regoliamo opportunamente il comando della frequenza di esplorazione orizzontale, riusciamo ad ottenere sullo schermo dell'oscillografo una forma d'onda quale quella rappresentata alla **figura** 5-*A*.

Senza spostare ulteriormente i comandi relativi al sincronismo ed al canale orizzontale, si applica all'ingresso verticale dello strumento il segnale presente al punto *D*. In tal modo, si ottiene di nuovo un'onda sinusoidale costituita da due cicli completi, ma sfasata di 180° rispetto a quella osservata in precedenza (figura 5-**B**).

Un altro metodo per osservare la stessa differenza di fase presente ai due estremi di un secondario con presa centrale, consiste nell'applicare il centro dell'avvolgimento al lato di massa delle prese dei due canali, orizzontale e verticale, dell'oscillografo, ed i punti *C* e *D* (figura 4) uno all'ingresso verticale e l'altro all'ingresso orizzontale. Si ottiene sullo schermo una linea inclinata di 45° rispetto all'orizzontale, e discendente da sinistra a destra. Si può quindi affermare (vedi lezione precedente) che la differenza di fase tra i due segnali è di 180°.

Si vedrà un ulteriore metodo per effettuare questo tipo di misura quando descriveremo il funzionamento e le applicazioni del commutatore elettronico.

MISURE sugli STADI RADDRIZZATORI

Al paragrafo precedente abbiamo descritto i vari tipi di misure che si possono effettuare sui trasformatori di alimentazione. Per completare l'esame delle possibili applicazioni dell'oscillografo nei riguardi degli stadi di alimentazione delle apparecchiature radioelettriche, prendiamo ora in considerazione le diverse misure eseguibili sui circuiti di raddrizzamento per la tensione anodica. In particolare, esamineremo il comportamento delle raddrizzatrici ad una ed a due semionde, e dei condensatori elettrolitici.

Come avremo modo di constatare in seguito, vi sono alcuni difetti nei circuiti ora citati, che provocano la presenza, nella tensione continua d'uscita, di un ronzio a 50 Hz anche nel caso di circuiti raddrizzatori ad onde intere, oltre al normale ronzio a 100 Hz. E' questo il caso in cui è indispesabile, per scoprire il difetto, usufruire di un oscillografo.

Lo stesso trasformatore preso in considerazione nelle misure del paragrafo precedente può essere usato anche per gli esperimenti che descriveremo. Occorre, inoltre, disporre di una raddrizzatrice a due semionde di tipo standard, quale ad esempio la 5Y3 o la 5U4, di una induttanza di filtro da 10 henry e 40 mA, di un condensatore elettrolitico doppio da 10+10 μF e 450 volt, ed infine, di varie resistenze e condensatori.

Analisi dei circuiti di rettificazione

Il circuito rappresentato alla **figura 6** è indicato per lo studio del funzionamento delle valvole raddrizzatrici ad una semionda ed ad onda intera. Come si può notare, nello schema non è stato inserito alcun circuito di filtro; ciò perchè, in questa prova, si intende esaminare il funzionamento della sola raddrizzatrice, e non dell'intero stadio di alimentazione.

Dapprima, si esamina il funzionamento del circuito raddrizzatore ad una sola semionda. A questo scopo occorre aprire il circuito nel punto *A*, interrompendo in tal modo il collegamento facente capo ad una delle placche della valvola raddrizzatrice. Il segnale presente all'uscita della valvola viene esaminato collegando il punto *B* all'ingresso verticale dell' oscillografo, ed unendo la massa del circuito a quella dello strumento. La forma d'onda che si osserva sullo schema è, se il funzionamento del circuito è regolare, del tipo di quella indicata alla **figura 7**-*A*. Naturalmente, per ottenere tale forma d'onda, occorre regolare adeguatamente i selettori orizzontali e di sincronismo dell'oscillografo, ponendo il primo ad una frequenza piuttosto bassa (circa 15 Hz) ed il secondo in posizione « sincronismo interno ».

Si può ora passare allo studio di un circuito raddrizzatore a due semionde. Lo schema da tenere in considerazione è ancora quello di figura 6; in questo caso però il circuito, nel punto *A*, deve essere chiuso, in modo da consentire il funzionamento di entrambe le placche della valvola raddrizzatrice. Per quanto riguarda l'osservazione della forma d'onda presente all'uscita della valvola raddrizzatrice, l'oscillografo si dispone esattamente come nel caso precedente, e si ottiene in tal modo sullo schermo — se il funziona-

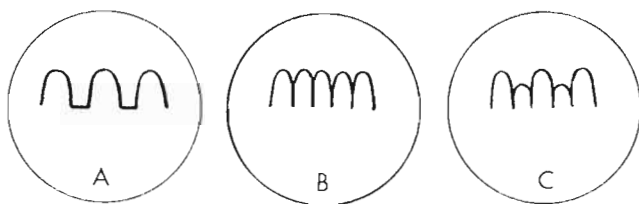



Fig. 7 - Immagini di tensioni continue pulsanti. In A, rettificazione di una sola semionda. In B, rettificazione delle due semionde, ed in C rettificazione di due semionde, ma con funzionamento asimmetrico tra i due diodi.

A

B

Fig. 8 - In A, variante apportata con C 1 = 0,5 μF (figura 6). In B, andamento della corrente nel carico.

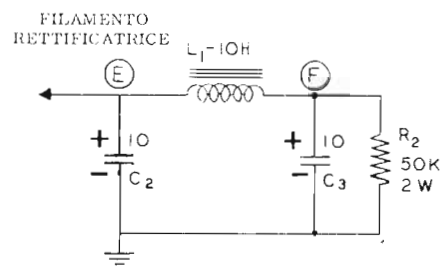



Fig. 9 - Circuito di filtraggio, (impedenza e due capacità). In esso si può osservare la forma della tensione di ingresso, ed in F quella della tensione di uscita.

mento di entrambe le sezioni della raddrizzatrice è regolare — una forma d'onda del tipo di quella rappresentata alla figura 7-**B**.

Uno dei difetti più caratteristici di questo tipo di stadio raddrizzatore si ha quando è presente, in uscita, un ronzio a frequenza di rete, ossia a 50 Hz. Esso può verificarsi anche in condizioni che sembrano di assoluta regolarità, e non lo si può certo imputare al circuito di filtraggio, dato che il ronzio che col filtraggio si cerca di eliminare e che quindi interessa i suoi circuiti, ha frequenza doppia, ossia di 100 Hz. La causa di questo tipo di ronzio è dovuta, generalmente, ad un funzionamento difettoso della valvola raddrizzatrice, e precisamente ad una differente efficienza delle sue due sezioni. In tal caso, una delle due semionde raddrizzate è di ampiezza superiore all'altra, e si ottiene quindi un ronzio a 50 Hz.

Un'altra causa si può trovare nella diversità di numero di spire esistente nelle due sezioni del secondario ad alta tensione del trasformatore di alimentazione, per cui ad una delle placche perviene una tensione di ampiezza diversa che all'altra. Tale ronzio a frequenza di rete non viene eliminato in genere dal filtro disposto dopo la raddrizzatrice, poichè questo, come si è ora detto, è calcolato per eliminare il ronzio a frequenza doppia (raddrizzatore ad onda intera).

Per poter «vedere» sull'oscillografo quale sia, in questo caso, l'effetto sulla forma d'onda della tensione d'uscita della valvola, occorre disporre, in serie ad uno dei circuiti anodici della raddrizzatrice, ad esempio nel punto *A* (figura 6) una resistenza del valore di circa 15 kohm, 2W. Se, successivamente si osserva, con la consueta tecnica, la forma d'onda presente sul filamento della raddrizzatrice, si nota sullo schermo dell'oscillografo un segnale non più regolare, come quello ottenuto in precedenza (figura 7-A) bensì del tipo di quello rappresentato alla figura 7-**C**. Si noti che, come effetto dello sbilanciamento tra le due sezioni della raddrizzatrice, si ottiene un segnale pulsante in cui l'ampiezza delle semionde passa con regolarità da un valore più alto ad un valore più basso.

A questo punto, tolta la resistenza da 15 kohm di sbilanciamento, proseguiamo nella serie di misure studiando l'effetto, sulla tensione raddrizzata, di un solo condensatore — di capacità relativamente bassa — posto in parallelo.

Disponiamo quindi in parallelo alla resistenza di carico da 50 kohm (figura 6), un condensatore C da 0,5 μF, 400 volt. L'ampiezza del ronzio osservabile al punto *B* scende considerevolmente, e l'andamento della componente alternata assume una forma del tipo a dente di sega, come si vede osservando la **figura 8-A**.

Quando all'uscita di un circuito raddrizzatore è presente un condensatore, disposto in parallelo alla tensione pulsante, esso si carica durante i picchi di tensione e si scarica lentamente attraverso la resistenza di carico durante il tempo in cui la tenisone del segnale pulsante è bassa. In conseguenza di ciò, si deve aspettare che la corrente che fluisce complessivamente attraverso il condensatore e la resistenza di carico, abbia una forma d'onda del tipo ad impulsi piuttosto stretti.

Come è noto, per osservare sullo schermo di un oscillografo la forma d'onda di una corrente, occorre disporre in serie alla corrente che si vuole osservare una resistenza di basso valore, e quindi leggere la differenza di potenziale presente ai suoi capi. Perciò, per poter osservare la corrente di carica che fluisce attraverso il circuito di utilizzazione, basta collegare l'entrata verticale dello strumento al punto *D* (figura 6). Il segnale che si **osserva** allora sullo schermo è simile a quello della fi**gura 8-B**, il che conferma quanto ci si era aspettato in base ad un ragionamento puramente teorico.

Analisi dei circuiti di filtraggio

Prendiamo ancora in considerazione il circuito raddrizzatore di figura 6: per ottenere un fltraggio della tensione pulsante presente all'uscita — ossia per ridurre il più possibile l'ampiezza della componente alternata di tale tensione — occorre inserire, al posto del carico costituito da R_2 e da C_1, un filtro formato da due condensatori elettrolitici da 10 μF e da una impedenza di filtro di 10 H. Il circuito è rappresentato alla **figura** 9. Come si può notare, la resistenza di carico è stata trasferita, in questo caso, all'uscita del filtro. Il punto *E* (ingresso del filtro) deve essere collegato al filamento della raddrizzatrice (punto **B** di figura 6).

Seguendo il solito procedimento, è possibile osservare la forma d'onda del segnale presente sia all'ingresso del filtro (punto *E*) che alla sua uscita (punto *F*), e ciò tanto nel caso di rettificazione ad una semionda che nel caso di rettificazione ad onda intera. Se colle-

Fig. 10 - Tipiche forme d'onda rilevate all'ingresso del filtro di figura 9 (punto E). In A, rettificazione di una semionda: in B di due semionde. In C, è evidente uno sbilanciamento tra i due diodi rettificatori.

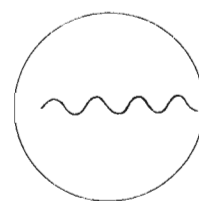
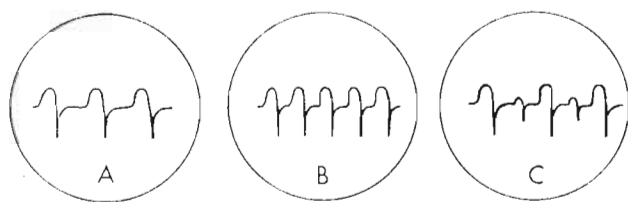
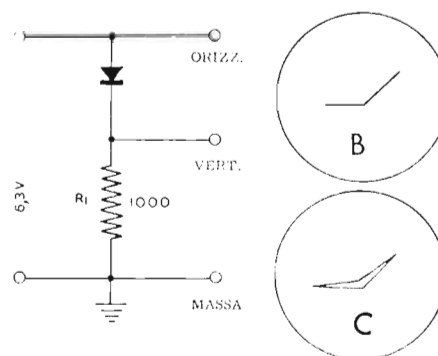



Fig. 11 - Aspetto della componente alternata residua, osservata all'uscita del filtro di figura 9 (punto F).

Fig. 12 - Rilevamento della curva caratteristica corrente-tensione, in un diodo al germanio. B e C sono le immagini date da un funzionamento normale.

ghiamo all'ingresso verticale dell'oscillografo il punto *E*, otteniamo, nel caso che la raddrizzatrice sia per una sola semionda (si può interrompere, se per è due semionde, il circuito nel punto *A* dello schema di figura 6), una forma d'onda per la tensione d'uscita del tipo di quella rappresentata alla **figura 10-A**. Nel caso che funzionino entrambe le sezioni della raddrizzatrice, si ottiene il segnale della figura 10-**B**, che è del tutto analogo, come forma, al precedente, mentre ha una frequenza doppia. Se, invece, le due sezioni della raddrizzatrice funzionano in modo sbilanciato (e per ottenere ciò si può introdurre ancora la resistenza da 15 kohm nel circuito di una delle due placche) si ottiene la forma d'onda illustrata alla figura 10-**C**.

Occorre, a questo punto, notare che sussiste una notevole differenza nel significato delle forme d'onda della figura 10 rispetto a quelle della figura 7. Nel caso della figura 7 esse sono state ottenute tutte senza alcun dispositivo di filtro all'uscita, in particolare senza nessuna capacità di valore elevato. La tensione pulsante varia quindi dal valore zero al massimo valore presente nel secondario del trasformatore. In altre parole, non si ha alcuna componente continua, e quindi tali forme d'onda bastano a caratterizzare in modo completo il segnale che si prende in considerazione.

Quando, invece, il segnale viene prelevato all'ingresso di un filtro comprendente capacità di valore elevato, durante il picco positivo della tensione pulsante, il condensatore C_2 si carica, rendendo così meno brusco il tratto ascendente del segnale, e successivamente si scarica, durante il tratto discendente della semionda raddrizzata, attraverso l'induttanza e la resistenza. Già abbiamo esaminato il principio di funzionamento di tale tipo di filtro alla lezione 44ª. Vogliamo ancora ricordare che, poichè la capacità di ingresso del filtro è piuttosto alta, essa non fa in tempo a scaricarsi del tutto durante il tratto discendente della semionda, e quindi la tensione non scende più a zero, ma solo fino ad un certo valore, positivo, proporzionale alla capacità. Quindi, in questo caso (forme d'onda della figura 10) non si tratta più di tensioni pulsanti, ed alla componente alternata, visibile sullo schermo dell'oscillografo, deve essere aggiunta la componente continua. Il calcolo teorico dell'ampiezza della componente continua rispetto a quella alternata si può effettuare secondo quanto è illustrato alla lezione 72ª.

Se però, si dispone di un oscillografo la cui banda passante del canale verticale si estende fino alla tensione continua, possiamo, come già detto alla lezione precedente, vedere sullo schermo contemporaneamente, sia la componente continua che quella alternata; è quindi facile valutare in questo caso, la percentuale di ronzio. Naturalmente, durante questa misura, l'interruttore CC - CA deve essere posto in posizione CC, ed il comando di azzeramento e di centraggio verticali devono essere tarati opportunamente.

Si può, allora, procedere all'osservazione del segnale presente all'uscita del fltro, ossia al punto *F* (figura 9). In questo caso la componente alternata assume l'andamento illustrato alla **figura 11**, e diminuisce notevolmente per quanto riguarda la tensione da picco a picco. Se il filtro è ben progettato e tutti i componenti sono regolari, il livellamento della tensione raddrizzata è, come sappiamo, quasi perfetto. Tuttavia, spingendo al massimo la sensibilità del canale verticale dell'oscillografo, e portando questa volta il commutatore in posizione CA, sarà sempre possibile osservare la sola componente alternata, che in genere ha un andamento che si avvicina molto a quello sinusoidale.

La presenza di un forte ronzio anche all'uscita del filtro denota sempre una irregolarità nel funzionamento dello stadio, che può essere dovuta sia al deterioramento di un condensatore elettrolitico, sia ad un funzionamento imperfetto della raddrizzatrice. In tali circostanze si ha spesso anche un forte abbassamento della tensione continua.

CARATTERISTICHE di DIODI a secco e VALVOLE

Tra le varie misure eseguibili su componenti elettronici, poche si presentano più complesse e lunghe di quelle atte a determinare le curve caratteristiche di valvole, transistori e diodi al germanio, se eseguite con i metodi tradizionali. Introducendo invece l'uso dello oscillografo, si ottiene una grande semplificazione, che consente, con minimo dispendio di tempo, di osservare direttamente le curve caratteristiche sullo schermo dello strumento, con una buona precisione.

In questo paragrafo prenderemo in considerazione i principi generali di tale tecnica, illustrandone successivamente le applicazioni al caso dei diodi a germanio e di alcuni tipi di valvole (diodi, triodi e pentodi).

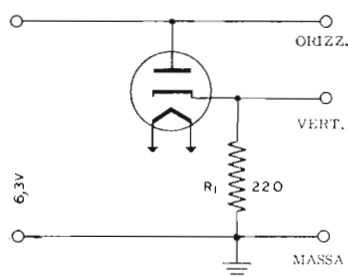



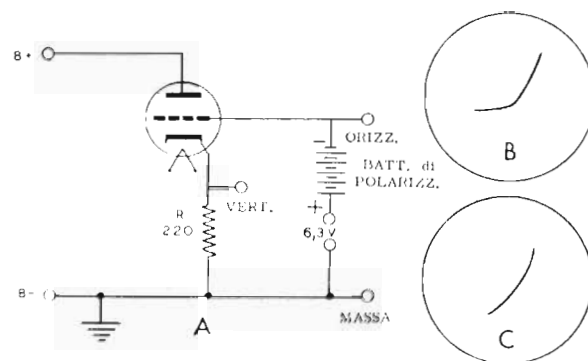
Fig. 13 - Verifica delle caratteristiche di un diodo a valvola, mediante l'oscillografo. Sono indicati i collegamenti allo strumento.

Fig. 14 - Verifica della caratteristica di griglia di un triodo. Col circuito A, le immagini B e C sono dovute a valori diversi di polarizzazione.

Come ben sappiamo, quasi tutti i tipi di curve caratteristiche, e non solo quelli riguardanti i diodi al germanio e le valvole elettroniche, si ottengono considerando due grandezze elettriche delle quali interessano le variazioni reciproche, e rappresentandole su di un piano cartesiano, una in ascisse e l'altra in ordinate. Si tratta, in sostanza, di tracciare quella curva i cui punti distano dall'asse verticale e da quello orizzontale in proporzione — rispettivamente — alla grandezza rappresentata in ascisse ed a quella rappresentata in ordinate. Il modo più ovvio per trovare tutti questi punti consiste nel far variare con continuità una delle due grandezze — ad esempio quella in ascisse — misurando in corrispondenza di ogni suo singolo valore, su di uno strumento adeguato e opportunamente disposto, il valore di quella in ordinate.

La «quota» del punto, rispetto all'asse orizzontale, sarà presa proporzionalmente a quest'ultima lettura, e si otterrà così una serie di punti che, uniti tra loro, daranno come risultante la curva caratteristica. Naturalmente, tanto maggiore è il numero delle letture che si susseguono, tanto più vicini risultano i punti della curva che si conoscono, e quindi è minore l'errore che si rischia di introdurre unendoli successivamente tra loro con un tratto rettilineo. Abbiamo già, più volte, incontrato casi di procedura del genere.

Da quanto detto finora, si comprende come l'oscillografo sia uno strumento particolarmente adatto ad una rappresentazione istantanea e della massima precisione di ogni tipo di curva caratteristica. La traccia che si può ottenere sullo schermo, infatti, in ogni suo punto ha una distanza dall'asse verticale ed orizzontale proporzionale alle tensioni applicate, rispettivamente, all'ingresso orizzontale ed a quello verticale. Se si riesce quindi a trasformare le due grandezze di cui interessa la rappresentazione in tensioni ad esse proporzionali, basterà applicare tali tensioni, opportunamente sincronizzate, agli ingressi orizzontale e verticale di un oscillografo, per ottenere sullo schermo la curva caratteristica che si desidera.

Un esempio di tecnica di tal genere è già stato descritto alla lezione precedente nel caso delle curve di risposta di un circuito accordato, ottenute con un oscillografo ed un generatore «sweep». In tal caso, la grandezza elettrica rappresentata sull'asse orizzontale era la frequenza, e quella rappresentata sull'asse verticale la tensione di uscita del circuito.

Quando la frequenza di variazione del segnale applicato al canale orizzontale è molto bassa — e ciò si verifica spesso, di proposito, nelle misure di laboratorio dato che, maggiore è la velocità con cui si fa variare una determinata grandezza, maggiore è l'imprecisione che si introduce — è necessario un oscillografo con tubo catodico a traccia persistente, in modo che la curva percorsa lentamente dal punto luminoso rimanga visibile per alcuni secondi. Inoltre, è indispensabile che entrambi gli amplificatori consentano il passaggio della tensione continua, poichè le variazioni applicate ai due canali sono, in questo caso, molto lente.

Diodi a semiconduttore

Il circuito rappresentato alla **figura 12** è adatto per ottenere la curva caratteristica corrente-tensione nel caso di diodi al germanio, quali ad esempio i tipi 1N34, 1N21 e simili. Una resistenza da 1.000 ohm è connessa in serie al diodo, ed all'intera combinazione viene applicata una tensione alternata di 6,3 volt, 50 Hz, ricavata dal secondario di un trasformatore.

Per ottenere una deflessione orizzontale proporzionale alla tensione applicata, l'ingresso orizzontale dello strumento viene collegato direttamente alla sorgente di tensione, come si vede alla figura 12.

La corrente che fluisce nel circuito causa una caduta di tensione ai capi della resistenza in serie da 1.000 ohm. Questa tensione è proporzionale alla corrente anzidetta, e la sua polarità dipende dalla direzione del flusso. In tal modo, la tensione presente ai capi di R_1 può essere applicata all'ingresso verticale dello strumento, e si ottiene così una deflessione verticale proporzionale al flusso di corrente. In questa misura, come pure in tutte le altre di questo genere, il generatore interno per la base dei tempi deve essere escluso.

La curva che generalmente si ottiene sullo schermo dell'oscillografo è, se il diodo è efficiente, del tipo di quella rappresentata alla figura 12-**B**. Il tratto orizzontale corrisponde alle semionde che polarizzano il diodo in senso tale da non permettere alcun passaggio di corrente, mentre il tratto crescente corrisponde al flusso di corrente attraverso il circuito, quando la tensione applicata inverte la sua polarità. Come si può notare, nel caso rappresentato in figura, il flusso di corrente aumenta all'aumentare della tensione. Esso

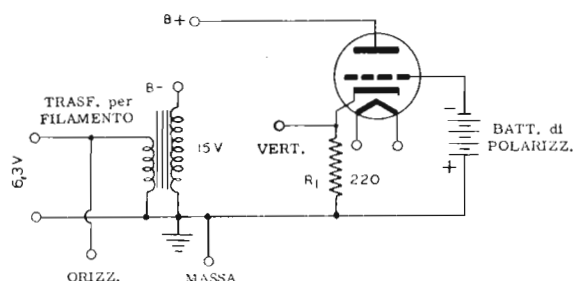



Fig. 15A - Metodo per rilevare la caratteristica di placca di un triodo. La polarizzazione di griglia è fissa, e la tensione di placca è data da una sorgente di corrente continua in serie ad una sorgente di tensione alternata (secondario del trasformatore).

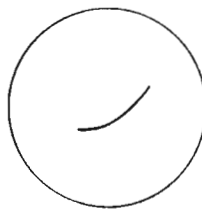



Fig. 15-B - Curva tipica della caratteristica di placca di un triodo, ricavata col metodo descritto alla figura 15-A.

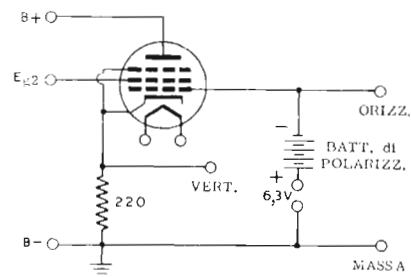



Fig. 16 - Disposizione dei collegamenti all'oscillografo, per rilevare la curva caratteristica di griglia di un pentodo. In questo caso, in serie alla polarizzazione di griglia, si applica una componente alternata.

potrebbe tuttavia anche diminuire, ossia aumentare in senso negativo, nel caso in cui il diodo fosse disposto, nel circuito, in senso inverso.

Se l'amplificatore orizzontale dell'oscillografo introduce un leggero sfasamento, può capitare di ottenere una traccia sdoppiata, quale è quella in figura 12-**C**. Essa non indica difetto nel circuito nè errore nelle connessioni, né può interferire nell'interpretazione della curva ottenuta, se si conosce la sua causa.

Valvole: diodi a vuoto

Il circuito di **figura 13** è adatto per ottenere le curve caratteristiche dei diodi a vuoto, che dànno la corrente di placca in funzione della tensione di placca. Poichè la resistenza interna della valvola è, in generale, piuttosto bassa, la resistenza R_1 in serie deve anche essa essere di valore basso. Del resto, la resistenza R_1 viene introdotta allo scopo di ottenere, ai suoi terminali, una tensione proporzionale alla corrente che fluisce nella valvola, e già sappiamo che le resistenze inserite per eseguire misure di corrente devono essere il più possibile di valore basso, onde non alterare le caratteristiche generali dei circuiti.

Una curva caratteristica di un diodo si può ottenere sia utilizzando un qualunque tipo standard, quale ad esempio la 6AL5, sia connettendo a diodo un triodo od un pentodo, il che si può ottenere collegando le griglie alla placca. In ogni modo, occorre che la tensione per l'alimentazione del filamento sia elettricamente isolata da quella applicata al circuito di placca; occorre, cioè, avere un trasformatore che disponga di due secondari a 6,3 V, isolati tra loro, oppure usufruire di due trasformatori diversi.

La curva che si ottiene con un diodo a vuoto è assai simile a quella di un diodo al germanio (figura 12-B). Una variazione interessante della misura ora descritta si ha ponendo in serie al segnale alternato applicato alla valvola una tensione continua (lato positivo verso il circuito di placca). In questo modo si ottiene la curva di risposta del diodo alla corrente pulsante.

Valvole: triodi e pentodi

Quando si prendono in considerazione dei triodi, sappiamo che si possono ottenere due tipi fondamentali di curve caratteristiche. In uno, si ha la corrente di placca in funzione della tensione di griglia, mentre nell'altro si ha la corrente di placca in funzione della tensione di placca. Questi due tipi di curve caratteristiche non sono completamente indipendenti tra loro, poichè, nel primo caso, si tiene conto anche della tensione di placca (e precisamente la si mantiene costante su un determinato valore) e nel secondo caso si considera, in modo analogo, anche la corrente di griglia. Si può quindi tracciare, in entrambi i casi, un'intera famiglia di curve caratteristiche: ogni singola curva si ottiene attribuendo un valore fisso alla tensione di placca o, rispettivamente, alla tensione di griglia. Disponendo di una delle due famiglie di curve, è chiaro che si hanno tutti quei valori che occorrono per disegnare anche l'altra.

Entrambi questi tipi di curve possono essere ottenuti sullo schermo purchè siano impiegati circuiti adatti. Quello rappresentato alla figura **14-A** è adatto per ottenere la caratteristica di griglia (corrente in funzione delle tensioni di griglia). La tensione presente sulla griglia, costituita dalla somma di una polarizzazione negativa costante e di un segnale alternato di 6,3 volt, viene applicata all'entrata orizzontale dello strumento. All'entrata verticale viene applicata la tensione esistente ai capi della resistenza presente nel circuito di catodo, tensione proporzionale alla corrente che fluisce attraverso la valvola. La forma esatta della curva che si ottiene dipende dalla costante del circuito, ed in particolare dalla tensione di polarizzazione e dalla tensione anodica $B+$. Ad esempio, se la polarizzazione fissa ha il valore di —9 V, si ottiene la curva caratteristica rappresentata alla figura 14-**B**, con un pentodo 6SJ7 collegato a triodo. Se la tensione di polarizzazione fissa viene portata a soli —1,5 V, si ha la curva di figura 14-C.

Come già abbiamo detto in precedenza, prendendo in considerazione tutti i possibili valori della tensione di placca $B+$, si può ottenere un'intera famiglia di curve. Le variazioni della tensione di polarizzazione, invece, non portano all'osservazione di una nuova curva, bensì di un diverso tratto della stessa. Per ottenere quindi una informazione completa sul funzionamento della valvola, occorre prendere in considerazione una serie di valori fissi per $B+$, ed in corrispondenza di ciascuno di essi, tracciare una curva caratteristica, esplorando successivamente tutte le sue zone, mediante variazioni della tensione di polarizzazione. Non volendo cambiare di volta in volta la batteria nel circuito di griglia, è sufficiente

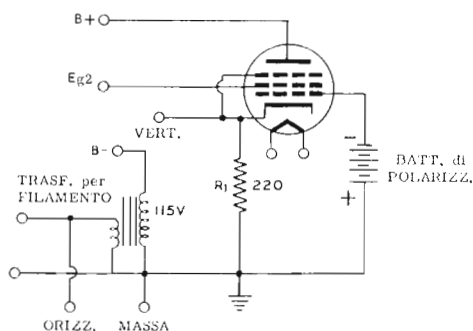



Fig. 17A - Disposizione dei collegamenti allo strumento per rilevare la curva caratteristica di placca di un pentodo. La componente alternata è in serie alla tensione anodica.

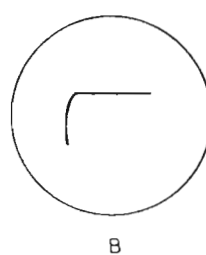



Fig. 17-B - Curva caratteristica di placca di un pentodo 6SJ7, con polarizzazione di griglia pari a — 1,5 volt.

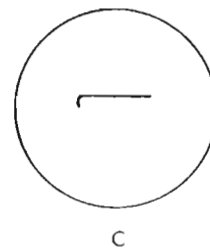



Fig. 17-C - Curva caratteristica del medesimo pentodo di figura 17-B, ma con polarizzazione pari a — 9 volt.

adottarne una di valore elevato, prelevando la tensione sul cursore di un potenziometro ad essa in parallelo.

Volendo rilevare le curve caratteristiche di placca (corrente in funzione della tensione di placca), occorre disporre il circuito come indicato alla **figura 15-A**. In questo caso, la polarizzazione di griglia è fissa, e la tensione anodica viene ad essere costituita da una componente continua fissa *B*+, posta in serie ad una tensione alternata di circa 115 V, ottenuta dalla solita a 6,3 V mediante un trasformatore elevatore. L'entrata orizzontale viene collegata ai 6,3 V ed è quindi proporzionale alla variazione di tensione di placca, mentre l'entrata verticale è collegata — come al solito — ai capi della resistenza di catodo.

La serie di trasformazioni di tensione (dalla rete a 6,3 V ed a 6,3 V a circa 115 V) è necessaria perchè, con un unico passaggio della tensione di rete ai 115 V, non si disporrebbe di una tensione a 6,3 V, da applicarsi all'entrata orizzontale dello strumento in fase con la tensione a 115 V alternati che si applica in serie all'anodica.

Anche questa volta, la forma della curva dipende dalle costanti del circuito, ed in particolare, considerando diversi valori per la tensione di polarizzazione, si ottiene tutta una famiglia di curve. Un andamento tipico di curva caratteristica di placca è rappresentata alla figura 15-**B**. Per quanto riguarda la tensione *B*+, non occorre in questo caso variarla per poter esplorare tutta la curva. Infatti, mantenendola su di un valore di circa + 150 o + 160 V, si ottiene, sommandola alla tensione alternata a 115 V, una tensione variabile da circa 0 a circa + 300 V, e quindi viene esplorata tutta la zona che in pratica interessa.

Anche nel caso dei pentodi, come nel caso dei triodi, si ha a che fare con due diversi tipi di curve caratteristiche. In questo caso però, la tensione di placca ha, entro certi limiti, poca influenza sulla corrente che attraversa la valvola; in conseguenza, le caratteristiche di placca hanno la tendenza ad avere un lungo tratto orizzontale, o quasi. Inoltre, la presenza della griglia schermo e della griglia di soppressione complica le cose, poichè anche le tensioni che vengono applicate a questi elettrodi possono essere variate, e perciò si ottiene una vera e propria *serie* di famiglie di curve caratteristiche di placca ed una di caratteristiche di griglia.

Allo scopo di semplificare le misure — ed anche perchè così avviene nella maggior parte dei montaggi pratici — la tensione della griglia di soppressione viene mantenuta costante, e precisamente eguale alla tensione presente sul catodo. La tensione sulla griglia schermo, invece, pur essendo tenuta costante durante il rilevamento di ogni gruppo di curve, è bene possa venire variata con un potenziometro o con un partitore di tensione, onde poter osservare il suo effetto sulle condizioni generali di funzionamento della valvola.

Alla **figura 16** è rappresentato uno schema che consente di osservare le curve caratteristiche di griglia di un pentodo. Esso è analogo a quello usato per il triodo, se si eccettua la presenza di un'ulteriore tensione positiva per la griglia schermo; questa tensione è bene sia ottenuta indipendentemente da quella di placca, se si vuole che variazioni di tensione di placca non si ripercuotano su di essa. Nell'eseguire questa misura si potrà notare che la curva caratteristica di griglia, contrariamente a quanto avveniva nel caso del triodo, non varia di molto al variare della tensione di placca. Si ottengono, per contro, notevoli variazioni nell'andamento della curva, variando la tensione sulla griglia schermo.

Il circuito da impiegarsi, nel caso si vogliano rilevare le caratteristiche di placca, è quello rappresentato alla **figura 17-A**. Si tratta anche questa volta di un circuito del tutto analogo a quello utilizzato per i triodi, con la aggiunta della tensione positiva per la griglia schermo, e valgono ancora le osservazioni già fatte a proposito del valore delle tensioni e dell'indipendenza tra quelle di griglia e quella di placca. Per ottenere una famiglia di curve si può variare progressivamente la tensione di polarizzazione sulla griglia controllo, ed ottenere, per ogni valore di questa, una curva diversa. Alla figura 17-**B** è indicata una curva con tensione di griglia di — 1,5 V (pentodo 6SJ7); alla sezione **C** della stessa figura, la tensione di polarizzazione è stata portata a — 9 volt. Come già detto, il tratto orizzontale indica che la corrente attraversante la valvola è, in quella zona, indipendente dalla tensione di placca.

In quest'ultima misura si può introdurre un ulteriore elemento variabile. In corrispondenza di ogni curva della famiglia precedentemente ottenuta, si può, variando anche la tensione di griglia schermo, avere tutta una serie di curve. Si ottiene *una serie* di famiglie, ogni singola curva delle quali dipende dai valori (parametri) della tensione di griglia schermo e di griglia controllo.

DOMANDE sulle LEZIONI 100ª e 101ª

N. 1 —
In quale parte dell'oscillografo si trovano, normalmente, gli attacchi per il collegamento diretto alle placchette ?

N. 2 —
Quali sono, progressivamente, le manovre da effettuare su di un oscilloscopio per vedere una forma d'onda ?

N. 3 —
Quali sono le caratteristiche di un segnale che possono essere dedotte immediatamente osservandone la forma sull'oscillografo ?

N. 4 —
In quale caso l'oscillografo è particolarmente utile per la misura di tensioni ? Per quale motivo ?

N. 5 —
In quale modo è possibile osservare la sola semionda superiore di un segnale, con la massima ampiezza consentita ?

N. 6 —
Se si desidera osservare il comportamento di un amplificatore di Bassa Frequenza, dove deve essere collegato l'oscillografo ?

N. 7 —
Se si introduce un segnale sinusoidale in un amplificatore, e si osserva in uscita un segnale ricco di armoniche dispari, quale può essere la cuasa ? Quale, se invece l'uscita è ricca di armoniche pari ?

N. 8 —
Come è possibile effettuare misure di corrente con un oscillografo a raggi catodici ?

N. 9 —
In quale modo si valuta la curva di responso di un amplificatore di Bassa Frequenza mediante l'oscillografo ?

N. 10 —
In quale modo è possibile osservare sullo schermo la curva di responso di un circuito accordato ad A.F. ?

N. 11 —
In quale modo è possibile valutare con buona approssimazione la percentuale di modulazione di un'onda ad Alta Frequenza modulata in ampiezza ?

N. 12 —
Una volta fermata l'immagine di un segnale sullo schermo, come è possibile osservarne le diverse fasi ?

N. 13 —
In quale modo è possibile effettuare misure di frequenza mediante l'oscillografo ? Come viene calcolato il valore della frequenza incognita ?

N. 14 —
Quale deve essere la caratteristica di un oscillografo affinchè esso consenta l'esame di un amplificatore mediante l'iniezione di segnali ad onde quadre ?

N. 15 —
Come è possibile effettuare con l'oscillografo misure di tensioni o di correnti continue ?

N. 16 —
A cosa serve la mascherina graduata ?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 785

N. 1 — Sei: amplificatore verticale, amplificatore orizzontale, generatore a dente di sega, circuito di sincronismo, tubo a raggi catodici ed alimentatore.

N. 2 — A scatti (generalmente a decadi), per variare l'ampiezza secondo rapporti decimali, e potenziometrici, (variazione continua), per ottenere tutti i valori intermedi di ogni posizione dell'attenuatore a scatti.

N. 3 — Perchè essa rappresenta il « tempo », che, nei grafici, viene sempre riportato sull'asse orizzontale. In tal modo i cicli dell'imagine si presentano verticalmente.

N. 4 — A rendere uniforme il responso alla frequenza di ogni stadio amplificatore, anche con frequenze particolarmente elevate.

N. 5 — L'amplificatore del segnale da esaminare deve — in tal caso — essere ad accoppiamento diretto. In tal modo, non essendovi capacità di accoppiamento tra la placca e la griglia, è possibile seguire anche le lente variazioni di ampiezza di una tensione pressochè continua.

N. 6 — Il rapporto deve essere di quattro a uno, ossia si devono avere quattro cicli di segnale per ogni impulso a dente di sega. Tali quattro cicli devono avere luogo contemporaneamente al tratto in salita della tensione a dente di sega.

N. 7 — Tre: non bilanciato, bilanciato, ed il controllo applicato tra l'ultimo ed il penultimo stadio sia dell'amplificatore verticale che di quello orizzontale.

N. 8 — Due: un controllo a scatti che varia la gamma di frequenza, ed uno potenziometrico che consente la variazione tra il valore minimo e quello massimo di ogni gamma.

N. 9 — Variando i controlli di frequenza del circuito della tensione di « analisi » (segnale orizzontale).

N. 10 — A prelevare una parte del segnale di ingresso, e ad inviarlo alla valvola oscillatrice a dente di sega, onde assicurare la costanza del rapporto tra le due frequenze. In tal modo è possibile far sì che l'immagine presente sullo schermo sia completamente ferma.

N. 11 — Rendendo minime le dimensioni del punto luminoso creato dal raggio elettronico che colpisce lo schermo. Tale operazione viene effettuata agendo sui controlli di « fuoco » e di « luminosità », contemporaneamente.

N.12 — A rendere il rapporto di attenuazione (determinato dalle resistenze), indipendente dalla frequenza del segnale di ingresso.

N. 13 — Variando la polarizzazione della griglia del tubo rispetto al catodo.

N. 14 — Introducendo in un punto attivo del circuito oscillatore a dente di sega una parte del segnale da esaminare, con ampiezza tale da sincronizzare la frequenza di oscillazione fissandola ad un valore costante.

N. 15 — L'amplificatore verticale ha un responso più esteso alla frequenza che non quello orizzontale, e presenta un guadagno maggiore.

N. 16 — A commutare l'ingresso del circuito di sincronismo tra catodo di una valvola finale verticale, tensione rete, e presa per sincronismo esterno.

L'oscillografo può essere usato per misure di frequenza anche molto accurate. E' necessario, per questo impiego, poter disporre di un generatore di segnali sinusoidali o a dente di sega, che copra almeno la parte centrale della gamma di frequenze che si vogliono misurare; infatti, questo genere di misura si attua confrontando il segnale a frequenza incognita con un segnale a frequenza nota. Per poter effettuare una misura abbastanza accurata occorre che il segnale a frequenza nota sia compreso nella gamma che va da 1/10 della frequenza incognita a 10 volte la frequenza stessa; oltre a questi limiti la misura diviene difficile e soggetta ad errori.

I due segnali dei quali si è detto vengono applicati l'uno all'ingresso verticale e l'altro a quello orizzontale dello strumento. Il generatore interno per la base dei tempi deve essere escluso. Dallo studio delle figure che compaiono sullo schermo, note come « figure di Lissajous », si perviene al calcolo del rapporto tra la frequenza del segnale applicato all'ingresso verticale e quella del segnale applicato all'ingresso orizzontale.

Le figure Lissajous possono essere suddivise in due categorie generali: i tipi a « spire chiuse » ed i tipi a « spire aperte ».

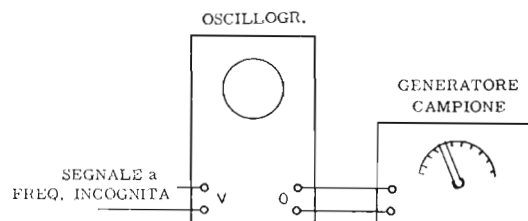
Le figure di Lissajous a spire chiuse si ottengono quando i due segnali sono entrambi sinusoidali (anche se leggermente distorti): le figure a spire aperte si ottengono invece quando un segnale è sinusoidale e l'altro a dente di sega lineare. Entrambi questi tipi di figure sono adatti per misurare la frequenza di un segnale, e la loro scelta dipende dallo strumento di cui si dispone per ottenere il segnale campione a frequesta nota. Nel caso in cui non si disponga di un generatore esterno, si può utilizzare, per quanto riguarda il canale orizzontale, lo stesso segnale interno a dente di sega usato per la base dei tempi dell'oscillografo. Occorre allora che la frequenza di quest'ultimo segnale possa essere determinata con una certa precisione, in base alla posizione delle manopole esterne per il comando del generatore dell'asse dei tempi; in altre parole, che lo strumento sia adeguatamente calibrato.

Descriveremo ora le diverse tecniche che si possono seguire nelle misure di frequenza, con particolare riguardo al caso in cui si possa disporre di un generatore esterno di segnali sinusoidali, la cui frequenza, manualmente veriabile con continuità, sia indicata con precisione da opportuni quadranti.

Figure di Lissajous a spire complete

In generale, le figure di Lissajous a spire complete (spire chiuse) sono preferite dalla maggior parte dei tecnici nell'esecuzione di misure di frequenza. Comunque, per poter conseguire in tali misure tutti i vantaggi che si possono ottenere con le figure a spire complete, occorre che la frequenza del generatore esterno possa essere variata entro ampi limiti, e con la massima accuratezza. Infatti, in queste misure, la precisione dell'oscillografo è assoluta, e quindi l'errore eventuale viene introdotto dal solo generatore esterno di frequenze campione.

La disposizione degli strumenti è quella rappresentata in figura.

Il segnale incognito può, tuttavia, essere applicato anche all'entrata orizzontale dell'oscillografo, ed in tal caso il generatore campione deve essere applicato allo ingresso verticale. Disponendo però gli strumenti in questo modo, l'interpretazione delle figure che si ottengono diviene leggermente diversa da quello del caso precedente, come vedremo in seguito.

Disposizione degli strumenti per effettuare misure precise di frequenza mediante l'oscillografo. Come si nota, all'amplificatore verticale viene applicato il segnale di frequenza incognita, ed all'amplificatore orizzontale viene applicata l'uscita di un generatore campione. La frequenza del segnale verticale può essere dedotta dall'immagine che si presenta sullo schermo del tubo.

Supponiamo, dapprima, di applicare il generatore di onde sinusoidali a frequenza nota all'entrata orizzontale dell'oscillografo ed il segnale a frequenza incognita all'entrata verticale. La frequenza del generatore verrà variata fino ad ottenere sullo schermo una figura stazionaria e facilmente riconoscibile. Da questa figura si ricava il rapporto tra le frequenze dei due segnali, e, poichè la frequenza di uno di questi è nota, il calcolo dell'altra si ottiene con una semplice moltiplicazione.

Per determinare il rapporto tra le frequenze di due segnali, immaginiamo di racchiudere la figura che si ottiene sullo schermo in un rettangolo. Potremo allora contare i punti di tangenza delle spire con un lato orizzontale e un lato verticale: il rapporto tra la frequenza del segnale applicato al canale verticale e la frequenza di quello applicato al canale orizzontale, è dato dal rapporto tra il numero dei punti di tangenza con l'asse orizzontale ed il numero dei punti di tangenza con l'asse verticale.

La frequenza del segnale incognito si può quindi calcolare semplicemente mediante l'espressione:

$$f = \frac{F \times N_o}{N_v}$$

nella quale F è la frequenza del segnale noto, N_o è il numero dei punti di tangenza con l'asse orizzontale ed N_v è il numero dei punti di tangenza dell'asse verticale. Ad esempio, supponiamo di ottenere la figura 9 o la figura 12; in entrambi i casi il numero dei punti di tangenza con l'asse verticale è 1 e con l'asse orizzontale 3. In conseguenza, il segnale incognito ha una frequenza pari al triplo del segnale noto. Se la frequenza di quest'ultimo è di 150 Hz, la frequenza incognita è quindi 450 Hertz.

Vogliamo un'altra volta sottolineare il fatto che **la figura che si ottiene non dipende dalle frequenze dei**

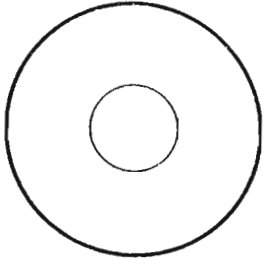
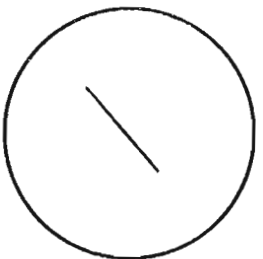
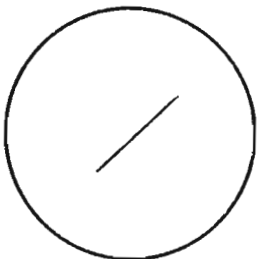
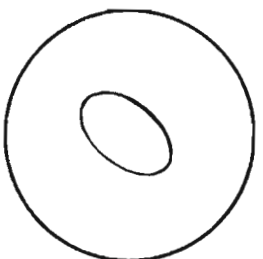
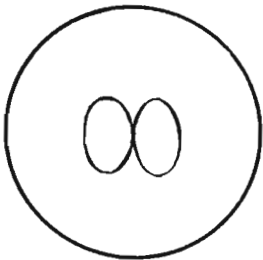
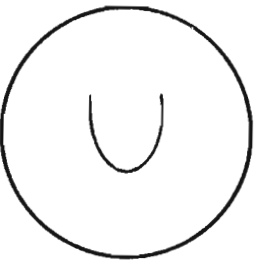
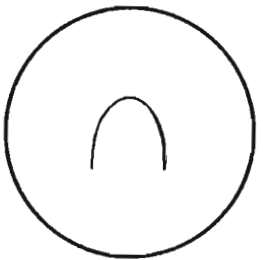
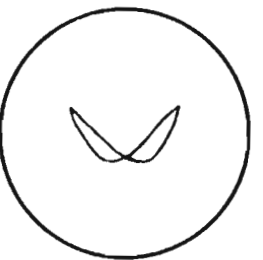
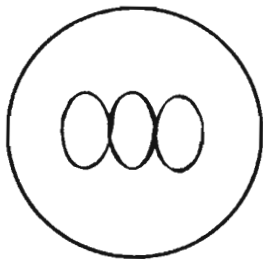
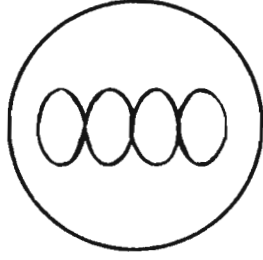
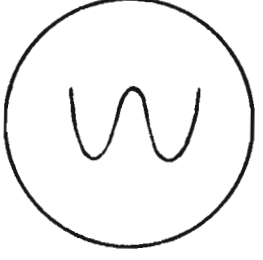
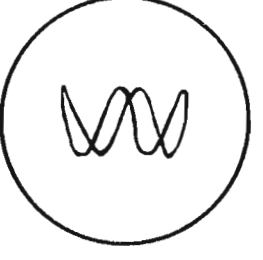
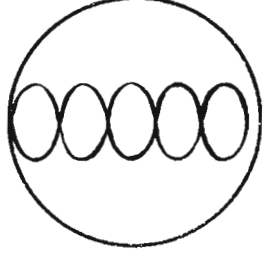
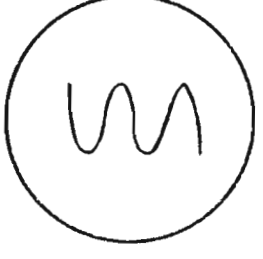
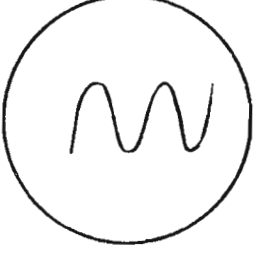
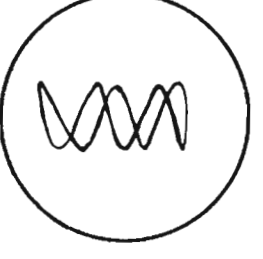
segnali, ma solo dal loro rapporto. Le figure 9 e 12 di cui sopra si possono ottenere anche con segnali di frequenza diversa da quelle citate, ad esempio con 250 Hz per la frequenza nota e 750 Hz per quella incognita.

Prendiamo ora in considerazione la serie di figure dall'1 al 20 della tabella. Nella prima riga, in alto, troviamo quattro esempi di figure che si possono ottenere quando le frequenze sono eguali tra loro, quando hanno cioè un rapporto 1 : 1. Nella seconda riga la frequenza incognita è doppia, ossia il rapporto è 2 : 1. Nella terza riga il rapporto è 3 : 1, e così via.

Come si può notare, ogni riga comprende una serie di quattro figure, le quali stanno ad indicare tutte lo stesso rapporto di frequenze. Queste figure differiscono l'una dall'altra in ragione dei diversi sfasamenti tra i due segnali. Nella prima colonna, da sinistra, troviamo le figure che corrispondono a sfasamenti di 90° tra i due segnali. Sono queste le figure più adatte per ottenere delle misure di frequenza, poichè — come sappiamo — non si può incorrere in equivoci nel calcolare il numero dei punti di tangenza con i due assi. Le figure della seconda e della terza colonna — ottenute rispetivamente con sfasamenti di 0° e di 180° — sono invece, da questo punto di vista, molto ingannevoli; non è quindi conveniente basarsi su figure di questo tipo. Si può rilevare che, in tali tipi di figure, non si hanno delle vere e proprie spire, poichè il «ritorno» della traccia va a coincidere con la traccia di andata. In tal modo, due punti di tangenza vengono talora a coincidere tra loro e, se non si tiene conto di ciò, si introduce un errore di misura.

Consideriamo ad esempio le figure 14 e 15. Entrambe hanno un solo punto di contatto con l'asse verticale, e su ciò non si può avere alcun dubbio. Volendo calcolare il numero dei punti di contatto con l'asse orizzontale, si potrebbe pensare che questi siano tre nel caso della figura 14 e due nel caso della figura 15. Ciò è invece errato, poichè il rapporto di frequenza è, in entrambi i casi, 4 : 1. Per comprendere la ragione di questo errore, bisogna tener conto che il secondo punto di contatto nella figura 14, come pure entrambi i punti di contatto della figura 15, sono dei punti doppi.

Nella quarta colonna è considerato un esempio di sfasamento intermedio. Naturalmente, le figure di questo genere sono, per ogni rapporto di frequenza, infinite. Infatti, ad ogni angolo diverso da quelli considerati alle tre colonne precedenti, corrisponde una figura diversa; queste figure sono però tutte dello stesso genere poichè, come si può intuire confrontando le figure della prima e della seconda colonna, si passa con continuità dall'una all'altra, attraverso tutti gli stadi intermedi, un esempio dei quali è illustrato alla colonna quarta.

Si può ora capire più chiaramente come sia possibile ottenere dei punti doppi nella traccia della seconda o della terza colonna. Riprendiamo, ad esempio, in considerazione le figure della quarta riga, ossia quelle corrispondenti ad un rapporto di frequenza 4 : 1. La figura 13, quella corrispondente ad uno sfasamento di 90°, si trasforma, passando attraverso una serie di stadi intermedi — uno dei quali è rappresentato nella quarta colonna — nella figura 14. Vediamo quindi, che il secondo ed il terzo punto di contatto (figura 13), si avvicinano sempre più (figura 16), fino a coincidere (figura 14).

Tutti i ragionamenti finora fatti, e le figure esaminate, restano validi solo nel caso in cui entrambi i segnali che si applicano alle due entrate dell'oscillografo siano sinusoidali. Se si ha a che fare con segnali aventi forme d'onda complesse, le figure che si ottengono sono del tutto diverse, e possono venire interpretate solo in alcuni casi alquanto semplici, specialmente per rapporti di frequenze 1 : 1 e 2 : 1.

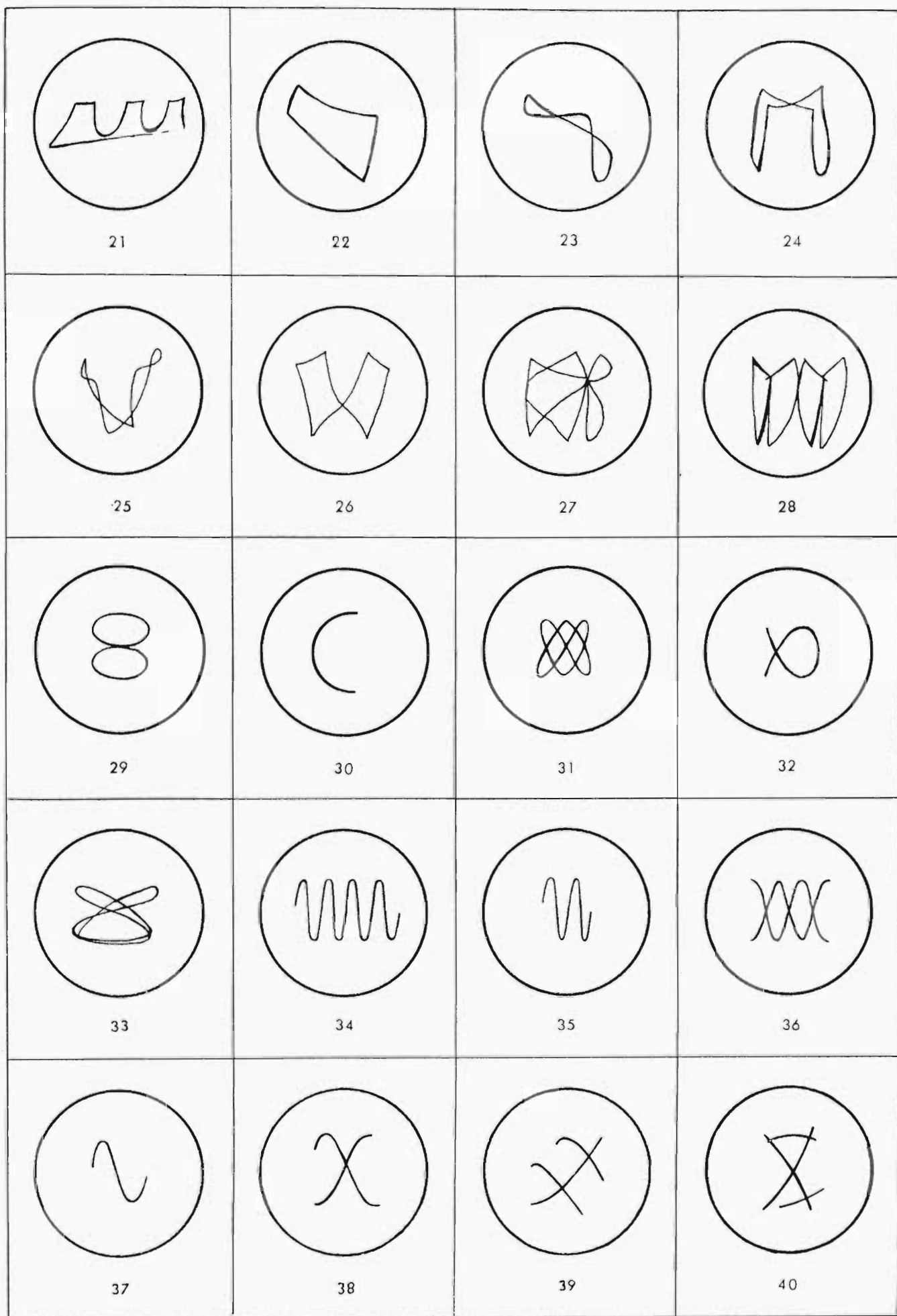
Supponiamo, per illustrare un caso particolarmente semplice, di applicare all'ingresso orizzontale il solito segnale sinusoidale, ed all'ingresso verticale un segnale del tipo di quello indicato alla figura 21. In tal caso, essendo uno dei due segnali del tipo sinusoidale, e l'altro non molto complesso, si ottengono delle figure la cui interpretazione è abbastanza facile, per lo meno, come si è detto, nel caso di rapporti espressi da numeri interi piccoli.

Le figure 22 e 23 sono state ottenute con rapporti 1:1 e con diversi angoli di fase. Nel caso in cui il segnale applicato all'ingresso verticale abbia frequenza doppia dell'altro si possono ottenere, secondo lo sfasamento tra detti segnali, figure del tipo di quelle rappresentate nei casi 24, 25 e 26. Le figure 27 e 28, la cui interpretazione è già più difficile, e richiede comunque una notevole esperienza in misure del genere, sono state ottenute — rispettivamente — con rapporti di frequenza 3 : 1 e 4 : 1.

Consideriamo ora che entrambi i segnali siano sinusoidali, però che il rapporto tra le frequenze non sia un numero intero. Occorre qui distinguere due casi. Se il rapporto è reciproco di numero intero, ad esempio 1 : 2, 1 : 3 ecc., le figure che si ottengono sono del tutto analoghe a quelle dei rapporti 2 : 1, 3 : 1 ecc. L'unica differenza consiste nel fatto che gli assi orizzontali e verticali sono invertiti tra loro, ossia, in altri termini, le figure sono ruotate di 90°. Ad esempio, le figure 29 e 30 rappresentano entrambe un rapporto 1 : 2, e corrispondono, rispettivamente, alle figure 5 e 6, dalle quali possono venire ottenute mediante una semplice rotazione di 90°. Analogamente, tutte le figure dalla 7 alla 28 si possono ruotare allo stesso modo, indicando in tal caso i rapporti di frequenza reciproci.

Se, invece, il rapporto di frequenza non può essere espresso mediante numeri reciproci di numeri interi, si ottengono delle figure più complesse, delle quali illustreremo alcuni casi. Supponiamo che il rapporto tra la frequenza del segnale applicato al canale verticale e quella del segnale applicato al canale orizzontale sia di 3 : 2. In tal caso, se lo sfasamento è di 90° si ottiene la figura 31, nella quale si hanno effettivamente tre punti di tangenza con l'asse orizzontale e due punti di tangenza con l'asse verticale. Applicando quindi la formula citata in precedenza, si ottiene, come rapporto di frequneza, 3 : 2. La figura 32 si ottiene, invece, con sfasamento di 0°. Anche nel caso di rapporti di frequenza non interi, per sfasamenti di 0° o di 180°, la figura è costituita in realtà da due traccie sovrapposte. Il passaggio dalla figura 31 alla figura 32, si ottiene anche

	SFASAMENTO 90°	SFASAMENTO 0°	SFASAMENTO 180°	SFASAM. INTERM.
RAPPORTO 1:1	1	2	3	4
RAPPORTO 2:1	5	6	7	8
RAPPORTO 3:1	9	10	11	12
RAPPORTO 4:1	13	14	15	16
RAPPORTO 5:1	17	18	19	20

21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

questa volta per tappe successive, attraverso varie figure del tipo della 33.

Naturamente, anche qui — ed ora anzi a maggior ragione data le notevole complessità delle figure — è bene effettuare le misure di frequenza con segnali sfasati tra loro di 90°, se non si vuole correre il rischio di interpretare punti semplici per punti doppi, e viceversa.

Per concludere su quanto riguarda le misure di frequenza mediante figure di Lissajous a spire chiuse, vogliamo ricordare che i diversi angoli di fase tra il segnale da misurare ed il segnale campione si possono ottenere variando leggermente la frequenza del segnale campione. Inoltre, può spesso capitare che la figura ottenuta sia in lenta rotazione (ciò significa che l'angolo di fase varia con continuità da 0° a 360°); in tal caso, la misura diviene più semplice e sicura, poichè, nel contare i punti di tangenza con l'asse verticale e con quello orizzontale, non si incorre nel pericolo di non notare eventuali punti doppi. Ciò perchè, quando l'angolo di fase passa attraverso i valori critici 0° e 180°, esso vi si ferma per un solo istante, e subito dopo le figure assumono l'aspetto normale, in cui i punti di contatto con gli assi possono venire tutti contati come punti semplici.

Se, contrariamente a quanto considerato fino ad ora, si applica il segnale a frequenza nota al canale verticale, e quello di cui si vuole misurare la frequenza al canale orizzontale, tutti i ragionamenti relativi al rapportro tra le due frequenze (del canale verticale e del canale orizzontale) rimangono, naturalmente, inalterati. L'unica a cambiare è la formula che dà la frequenza, poichè, essendo invertiti i due tipi di segnale agli ingressi, essa assume la forma:

$$f = \frac{F \times N_v}{N_o}$$

La scelta dell'uno o dell'altro metodo è, in genere, indifferente. Se si considera però, che le bande passanti dei due canali di un oscillografo sono di solito differenti (il canale verticale arriva ad una frequenza superiore) si comprende che, quando la frequenza del segnale da misurare è all'infuori della banda del canale orizzontale, non si può che applicare tale segnale al canale verticale, ed una frequenza nota, sua sottomultipla, al canale orizzontale.

Figure di Lissajous a spire aperte

Tali figure si ottengono, come già detto, quando ad uno dei canali dell'oscillografo viene applicata una tensione a dente di sega. Di solito tale tensione viene applicata all'ingresso del canale orizzontale, ed è spesso costituita dallo stesso segnale interno per la base dei tempi.

Il fatto che la figura sia aperta, deriva dal tratto verticale della tensione a dente di sega. Anzi, se tale tratto non è perfettamente verticale si ha, come sappiamo, una debole «traccia di ritorno» che chiude la figura congiungendo l'estremo di sinistra con lo estremo di destra, e si ritorna quindi al caso delle figure a spire chiuse.

Il metodo delle figure di Lissajous a spire aperte può venire anch'esso usato, sebbene con minore precisione, per la misura della frequenza incognita di un segnale. L'unico aspetto vantaggioso di tale metodo consiste nel fatto che, se l'oscillografo è ben tarato, non occorre alcun generatore esterno a frequenza nota, essendo sufficiente il generatore interno a denti di sega. Inoltre, questo metodo può essere usato efficacemente con segnali di natura anche molto complessa, specialmente nel caso in cui il rapporto di frequenza sia un numero intero.

Supponiamo di voler misurare la frequenza di un segnale sinusoidale; se lo applichiamo all'ingresso verticale di un oscillografo, si ottengono figure del tipo di quelle rappresentate dalla 34 alla 40. Le figure 34, 35 e 37 indicano i rapporti di frequenza (tra il segnale da misurare e quello interno) pari a numeri interi, e precisamente, nell'ordine, 4, 2 ed 1. Le altre figure indicano invece i rapporto frazionari; un rapporto 3 : 2 è indicato dalla figura 36, mentre le figure 38, 39 e 40 indicano rapporti 1 : 2 1 : 3 ed 1 : 4.

Come si può oservare, misurando la frequenza col metodo delle figure di Lissajous aperte, non si verifica più il fenomeno secondo il quale due figure che esprimono rapporti di frequenza reciproci, si ottengono semplicemente l'una dall'altra ruotandole di 90°. Ruotando di 90° la figura 35, che indica un rapporto 2 : 1, non si ottiene la figura 38, che indica il rapporto 1 : 2.

Anche in questo caso è possibile calcolare il rapporto di frequenza in base al numero dei punti di contatto con gli assi o, come vedremo in alcuni casi, al numero di segmenti in cui la figura viene spezzata. A questo proposito, suddividiamo i possibili rapporti di frequenza in tre categorie:

a) rapporti espressi da numeri interi (1, 2, 3, ecc.);

b) rapporti espressi da frazioni complesse (3 : 2, 4 : 7 e simili);

c) rapporti espressi da reciproci di numeri interi (1 : 2, 1 : 3, ecc.).

Nel caso **a** il rapporto è espresso dal numero dei cicli rappresentati; ad esempio, nel caso della figura 34, esso è 4. Si può anche dire che detto rapporto coincide con il rapporto tra il numero dei punti di contatto con l'asse orizzontale ed il numero dei punti di contatto con l'asse verticale. Infatti, il numero dei punti di contatto con l'asse verticale è pari al numero dei cicli, mentre con l'asse orizzontale si ha un solo punto di contatto.

Nel caso **b**, il rapporto di frequenza coincide ancora col rapporto tra i numeri dei punti di contatto, perchè, nel caso dell'asse orizzontale, i due punti in cui la curva si interrompe vengono considerati come un solo punto; per quanto riguarda l'asse verticale, invece, essi devono venire contati regolarmente. Ad esempio, considerando la figura 36, si ottiene — in base a quanto esposto — un rapporto 3 : 2.

Nel caso **c**, basta contare il numero di segmenti in cui la figura è spezzata. Il rapporto di frequenza è, in questo caso, indicato dal reciproco di tale numero. Ad esempio, la figura 39 è costituita da tre segmenti, e quindi il rapporto di frequenza è 1 : 3.

per RILEGARE

le lezioni del "Corso di RADIOTECNICA„ potete disporre di apposite, razionali copertine - imitazione pelle - con diciture in oro.

Le copertine vengono fornite con tutto il necessario atto a formare un vero e proprio volume: non si tratta quindi di semplici raccoglitori, ma di un sistema, brevettato, che consente a chiunque di rilegare, da se, i diversi fascicoli.

Ogni copertina prevede la raccolta di 26 fascicoli (metà Corso).

COPERTINA per **VOLUME I°**	Lire 880
Spese postali e imballo	» 195
Totale	» **1.075**
COPERTINA per **VOLUME II°**	(come sopra)
Le DUE COPERTINE assieme	L. **2.100**

POTETE EVITARE QUALSIASI ALTRA SPESA PER FORMARE I VOSTRI VOLUMI

L'INVIO VIENE EFFETTUATO A MEZZO POSTA E LE RICHIESTE — ACCOMPAGNATE DALL'IMPORTO — DEVONO ESSERE INDIRIZZATE DIRETTAMENTE AL **« CORSO DI RADIOTECNICA » - VIA DEI PELLEGRINI 8/4 - MILANO.**

L'IMPORTO PUO' ESSERE VERSATO SUL CONTO CORRENTE POSTALE N. 3/41203, MILANO. — SI PREGA DI SCRIVERE IN MODO MOLTO CHIARO IL PROPRIO INDIRIZZO.

DATO IL PARTICOLARE SISTEMA, I FASCICOLI **POSSONO ESSERE RILEGATI OGNI SETTIMANA.**

ALLA FINE DEL **« CORSO »** E' PREVISTA LA PUBBLICAZIONE DI UNA « ERRATA CORRIGE » E DI INDICI MOLTO UTILI E PRATICI PER LA RICERCA DEI VARI ARGOMENTI.

Anche se possedete già dei fascicoli del « Corso di RADIOTECNICA »
VI POTETE ABBONARE

Calcolando un importo di lire 120 (centoventi) per ogni fascicolo in vostro possesso, detraete l'ammontare dalla quota di abbonamento. **Inviando la differenza** precisate i singoli numeri dei fascicoli esclusi.

Se vi interessano invece fascicoli arretrati affrettatevi a richiederli prima che qualche numero risulti esaurito. Attualmente possiamo spedire i fascicoli finora pubblicati, **a lire 150 cadauno** in luogo di lire 300 (prezzo normale degli arretrati).

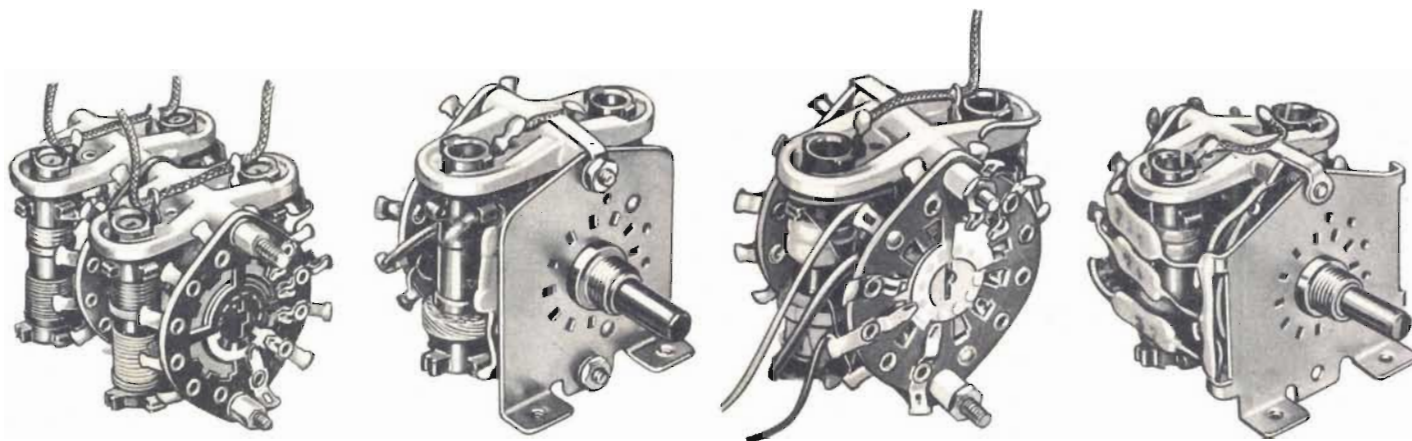
Versamenti sul conto corrente postale N. 3/41.203 - Milano.

GELOSO

Dal 1931 su tutti i mercati del mondo

PARTI STACCATE PER RADIO - TELEVISIONE - AMPLIFICAZIONE - APPARECCHI ELETTRONICI

GRUPPI PER RICEVITORI A MODULAZIONE DI AMPIEZZA

CHIEDETE IL LISTINO DELLE PARTI STACCATE ED IL "BOLLETTINO TECNICO GELOSO

Direzione Centrale: **GELOSO** S.p.A. Viale Brenta 29 - MILANO 808

HEATH COMPANY

a subsidiary of Daystrom, Inc.

VERTICALE:

Tempo di salita	0,25 miscosecondi
Risposta di frequenza	± 3 dB da 4 Hz a 1,2 MHz ± 6 dB da 3 Hz a 2 MHz
Sensibilità	36 mV efficaci per cm. a 1 kHz
Impedenza d'ingresso	a 1 MHz 2,6 M Ω nella posizione X1; 3,3 M Ω nella posizione X10 e X100. Queste impedenze sono il risultato di 22 micromicrofarad schuntati a 3,6 M Ω nella posizione X1 e 11 micromicrofarad schuntati con 3,9 M Ω nella posizione X10 e X100

ORIZZONTALE:

Risposta di frequenza	± 3 dB da 2 Hz a 425 kHz ± 6 dB da 1 Hz a 625 kHz
Sensibilità	275 mV per cm. a 1 kHz
Impedenza d'ingresso	25 pF con una R parallelo di 10 M Ω

Generatore asse di tempo	a multivibratore da 20 Hz a 150 kHz.
Tubi elettronici impiegati	1 - 5 BP 1 tubo a raggi catodici 2 - 12 AU 7 separatore catodico e amplificatore orizzontale, amplificatore per la deflessione verticale. 1 - 12 BH 7 amplificatore per la deflessione verticale. 1 - 6 BA 8 separatore catodico e amplificatore verticale. 1 - 12 AX 7 - Generatore asse tempi a multivibratore. 1 - 6 X 4 Rettificatore per bassa tensione. 1 - 1 V 2 Rettificatore per alta tensione.
Alimentazione	105 - 125 Volt C.A. 50/60 Hz 65 watt.
Dimensioni	21,5 cm di larghezza x 36 cm di altezza x 45 cm di profondità.
Peso netto	9 kg circa.

LARIR RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA

MILANO P.zza 5 GIORNATE 1 Telefoni: 795.762 - 795.763

Agenti esclusivi di vendita per:

LAZIO - UMBRIA - ABRUZZI . . Soc. FILC RADIO
Piazza Dante, 10 - ROMA - telefono 736.771

TOSCANA . . . . Ditta C. R. P.
Via G. Capponi, 15 - FIRENZE

EMILIA - MARCHE . . . . Ditta A. ZANIBONI
Via Azzogardino, 2 - BOLOGNA - telefono 263.359

VENETO . . . . Ditta E. PITTON
Via Cavallotti, 12 - PORDENONE - tel. 2244